



ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ
X Model Installers with Forced Cars

จัดทำโดย

นายชิษณุพงศ์	คำสุกดี
นางสาวกนกพร	พลศรี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ
ปีการศึกษา 2562

ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ
X Model Installers with Forced Cars

จัดทำโดย
นายชัยณพพงศ์ คำสุกดี
นางสาวกนกพร พลศรี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนศึกษา
ปีการศึกษา 2562

COPYRIGHT 2019

COLLEGE OF INFORMATION TECHNOLOGY

ATTAWIT COMMERCIAL TECHNOLOGY COLLEGE



ชื่อโครงการภาษาไทย ด้วยแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ
ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ X Model Installers with Forced Cars

โดย นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี รหัสประจำตัว 37394
 นางสาว กนกพร พลศรี รหัสประจำตัว 37049

.....
คณะกรรมการอนุมัติให้เอกสารโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงการ
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ (ATC.)

.....
(อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์สุลาวัลย์ บุรีจันทร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม)
หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บทคัดย่อ

หัวข้อโครงการ	ด้วยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ X Model Installers with Forced Cars
ผู้จัดทำโครงการ	1. นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี รหัสประจำตัว 37394 2. นางสาวกนกพร พลศรี รหัสประจำตัว 37049
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรารัตน์ ทองใหม่
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุลาวัลย์ บุรินทร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบัน	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาอย่างแพร่หลาย โดยมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับสิ่งประดิษฐ์มากมาย ยกตัวอย่างเช่นหุ่นยนต์ เพื่อตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความรู้และทักษะกระบวนการทำงานของมนุษย์ จึงได้คิดค้นสิ่งของอำนวยความสะดวกสบายขึ้นมามากมายในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้เทคโนโลยีในการทำงานแทนมนุษย์

คณะผู้จัดทำจึงได้คิดค้นการทำด้วยกเอกสารโดยติดกับโมเดลรถส่งเอกสารอัจฉริยะ เพื่อให้ผู้ใช้งานจะได้ไม่ต้องเสียเวลามากเอกสารหนักๆ เดินไปส่งเอกสารเอง เพียงแค่ผู้ใช้งานนำเอกสารของท่านมาวางไว้บนตัวกของเรา โดยจะส่งการผ่านแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของตัวรถเอกสารอัจฉริยะ ไปยังเป้าหมายที่ท่านต้องการ

เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวัน และยังสามารถนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนแก่ผู้สนใจด้าน Hardware ที่ต้องการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับสิ่งประดิษฐ์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนา “ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีก็เพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์ สุธารัตน์ ทองใหม่ และอาจารย์ สุลาวัลย์ บุรีจันทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการสร้างรถยกเอกสารอัจฉริยะมาโดยตลอด ผู้จัดทำรู้สึกทราบซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างมาก และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ให้กำลังใจและให้โอกาสได้รับการศึกษาในระดับต่าง ๆ จนกระทั่งได้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงนี้ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และคำสั่งสอนให้กับผู้ทำโครงการในการเรียนทุกระดับชั้น

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชกร ที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการฉบับนี้

สุดท้ายความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการฉบับนี้ผู้ทำโครงการขอมอบความดีที่ได้นี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี

นางสาวกนกพร พลศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาการทำโครงการ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.7 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ	6
บทที่ 2 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความต้องการของอุปกรณ์ที่เหมาะสม	7
2.2 ทฤษฎีของรถยนต์.....	7
2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์.....	18
2.4 บทความที่เกี่ยวข้อง	46
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	58
3.1 การวางแผนและการเตรียมการ.....	58
3.2 การออกแบบ.....	60
บทที่ 4 ผลการศึกษา	74
4.1 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน	74
4.2 ขั้นตอนการทำงาน.....	75

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	78
5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	78
5.3 ปัญหาที่ประสบในการดำเนินโครงการ	78
5.4 ผลการดำเนินโครงการ	79
5.5 อภิปรายผล.....	79
5.6 ข้อเสนอแนะ.....	79
บรรณานุกรม.....	80
ภาคผนวก ก.....	81
แบบเสนอร่างโครงการ	82
ภาคผนวก ข	90
รายงานผลความก้าวหน้าโครงการ	91
ภาคผนวก ค	102
คู่มือการใช้งาน.....	103
ภาคผนวก ง.....	106
ประวัติผู้เขียน.....	107

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาการทำโครงการ	5
2.1 ตารางความหมายสัญลักษณ์อักษรกำกับวงจร	57
3.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ	59
3.2 แสดงส่วนด้วยแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ.....	73

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน	3
1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน(ต่อ).....	4
2.1 แสดงรถกระเช้า Mobile Elevated Work Platform (MEWP)	8
2.2 แสดงรถกระเช้าแบบมาตรฐาน	8
2.3 คำอธิบายภาพรถกระเช้าแบบขากรรไกร	10
2.4 แบบพื้นกระเช้าสองชั้น	10
2.5 หลักการทำงานของโครงสร้างขากรรไกร	11
2.6 ทฤษฎีการล้มของวัตถุ	12
2.7 ตัวอย่างข้อมูลทางวิศวกรรมของรถกระเช้าแบบกรรไกร	12
2.8 รถกระเช้าแบบ บูมตรง telescopic boomlift	13
2.9 การควบคุมระดับกระเช้า.....	14
2.10 ทฤษฎีการล้มของวัตถุ.....	14
2.11 รถกระเช้าแบบแขนหักสอกและรถบรรทุกติดกระเช้ายกคน	15
2.12 ข้อห้ามและแนวทางปฏิบัติการรถกระเช้า MEWP the code of practices	16
2.13 high visibility vest.....	17
2.14 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสแตเตอร์	19
2.15 แกนขั้ว.....	20
2.16 ขดลวดสนามแม่เหล็ก	20
2.17 โรเตอร์.....	20
2.18 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	22
2.19 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน.....	22
2.20 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาวัคต์มอเตอร์.....	23
2.21 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองช้นท์คอมปาวัคต์มอเตอร์.....	23
2.22 ฮีตเตอร์ครีปและฮีตเตอร์ท็อกกลม	24
2.23 ฮีตเตอร์จุ่ม	25

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.24 ฮีตเตอร์บอบบี้.....	25
2.25 ฮีตเตอร์อินฟราเรด.....	26
2.26 ฮีตเตอร์รัดท่อ	26
2.27 ฮีตเตอร์แผ่น.....	26
2.28 ฮีตเตอร์แท่ง.....	27
2.29 ฮีตเตอร์แท่ง High density	27
2.30 ฮีตเตอร์แท่ง Low Density.....	28
2.31 แมกเนติกคอนแทกเตอร์	28
2.32 การทำงานแมกเนติกคอนแทกเตอร์.....	29
2.33 แกนเหล็กอยู่กับที่.....	29
2.34 แกนเหล็กเคลื่อนที่.....	30
2.35 ขดลวด.....	30
2.36 หน้าสัมผัส	30
2.37 สวิตช์ปุ่มกด.....	31
2.38 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด.....	31
2.39 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด.....	32
2.40 สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา.....	32
2.41 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มต้น.....	33
2.42 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน	33
2.43 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่.....	33
2.44 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ.....	34
2.45 ลิ้มิตสวิตช์.....	34
2.46 รูปร่างและสัญลักษณ์ของรีเลย์.....	35
2.47 หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์.....	35
2.48 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของชุดหน้าสัมผัสแบบ 4PST.....	36

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.49 หน้าสัมผัสแบบ SPDT	36
2.50 หน้าสัมผัสแบบ SPDT แบบ Break-Make และ Make-Break.....	37
2.51 รีเลย์อาร์เมเจอร์.....	37
2.52 รีเลย์ชนิดรีดรีเลย์	38
2.53 รีเลย์ชนิดรีดสวิทช์	38
2.54 โซลิดสเตตรีเลย์.....	38
2.55 เทอร์โมสตัด	39
2.56 การทำงานของเทอร์โมสตัด.....	39
2.57 แผนผังการทำงานของรีกูเลเตอร์แบบขนาน.....	40
2.58 แผนผังการทำงานของรีกูเลเตอร์แบบอนุกรม	40
2.59 แผนผังวงจรพื้นฐานของรีกูเลเตอร์แบบอนุกรม	41
2.60 การต่อไอซีรีกูเลเตอร์ใช้งานแบบง่ายๆ.....	41
2.61 ตำแหน่งขาของIC Regulator เบอร์ 78xxและ79xx.....	42
2.62 หม้อแปลงไฟฟ้า.....	42
2.63 ฉนวน.....	43
2.64 แกนเหล็ก	44
2.65 แผ่นป้าย.....	44
2.66 บอร์ด Arduino	47
2.67 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED และบอร์ด XBee Shield	47
2.68 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino	48
2.69 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload	48
2.70 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	49
2.71 ตรวจสอบความถูกต้องและอัปเดตโปรแกรม.....	49
2.72 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)	50
2.73 หลักการทำงานของ DC motor.....	52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.74 วงจร H-Bridge	52
2.75 Schematic ขอบวงจร H-Bridge	53
2.76 แผงไฟกระบอก Arduino.....	54
2.77 แหล่งจ่ายไฟ.....	54
2.78 หน้าจอ Serial Monitorกำหนดทิศทาง.....	55
2.79 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง	55
2.80 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรงแบบขดลวด 3 ขั้ว.....	56
2.81 การเปรียบเทียบค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ PWM	57
4.1 ฐานล่างแกน X.....	75
4.2 ฐานวางเอกสาร.....	76
4.3 ตัวยกแกน X.....	76
4.4 ติดตั้งมอเตอร์และใส่ลวดสกรูยึดที่ฐานล่าง.....	77
4.5 ชิ้นงานสมบูรณ์.....	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาอย่างแพร่หลาย โดยมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับสิ่งประดิษฐ์มากมาย ยกตัวอย่างเช่นหุ่นยนต์ หุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว หุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในหลายๆด้าน เช่นด้านอุตสาหกรรมการผลิต ด้านการแพทย์ ด้านงานสำรวจทั้งในโลกและงานสำรวจในอวกาศ หรือด้านบันเทิง เพื่อตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความรู้และทักษะกระบวนการทำงานของมนุษย์ จึงได้คิดค้นสิ่งของอำนวยความสะดวกสบายขึ้นมามากมาย ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้เทคโนโลยีในการทำงานแทนมนุษย์

คณะผู้จัดทำจึงได้คิดค้นการทำด้วยกเอกสาร โดยติดกับ โมเดลรถส่งเอกสารอัจฉริยะ เพื่อให้ผู้ใช้งานจะได้ไม่ต้องเสียเวลามากเอกสารหนักๆ เดินไปส่งเอกสารเอง เพียงแค่ผู้ใช้งานนำเอกสารของท่านมาวางไว้บนตัวกของเรา โดยจะส่งการผ่านแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมตัวรถยกเอกสารอัจฉริยะ ไปยังเป้าหมายที่ท่านต้องการ โดยด้วยกเอกสารที่คณะผู้จัดทำได้ทำขึ้นมีลักษณะเป็นด้วยกแกน X เพื่อความสมดุลของด้วยก โดยมีการนำแผ่นอะคริลิกมาใช้ในการสร้างเป็นฐานติดตั้งมอเตอร์ และฐานวางแฟ้มเอกสาร ซึ่งด้วยกเอกสารสามารถรับน้ำหนักแฟ้มเอกสารได้ 500 กรัม มีขนาดความสูง 30-40 เซนติเมตร มีการนำลีดสกรูนี้ด นี้อดฟีดแบบเลื่อนที่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับเกลียวสกรูที่เหลี่ยมคางหมู 30 องศา ขึ้นรูปโดยอัลลอยด์กลับ ลูกปืนพิเศษที่หล่อใช้แม่แบบที่มีความต้านทานต่อการจัดอย่างยอดเยี่ยม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความเที่ยงตรงสูงและมีราคาไม่แพงมากนักในการทำชิ้นงาน ควบคุมด้วยกโดยการใช่มอเตอร์รุ่น ZGA37RG DC:12 V มอเตอร์เกียร์ RPM จากนั้น นำลีดสกรูนี้ดและมอเตอร์เชื่อมด้วยกแกน X เพื่อให้ด้วยกทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์มากขึ้น

ดังนั้นคณะผู้จัดทำคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชิ้นงานชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานไม่มากนัก และสามารถพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านชิ้นงาน เกิดประโยชน์ในภายหน้าสำหรับคนรุ่นหลัง สามารถนำชิ้นงานไปต่อยอดให้สมบูรณ์แบบในทุก ๆด้าน คณะผู้จัดทำคาดหวังใจเป็นอย่างยิ่งว่าชิ้นงานของเราจะให้วิวัฒนาการกับเด็กรุ่นหลังต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 1.2.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 1.2.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่อาชีพในอนาคต
- 1.2.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 1.2.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างตัวเอกเอกสารอัจฉริยะ

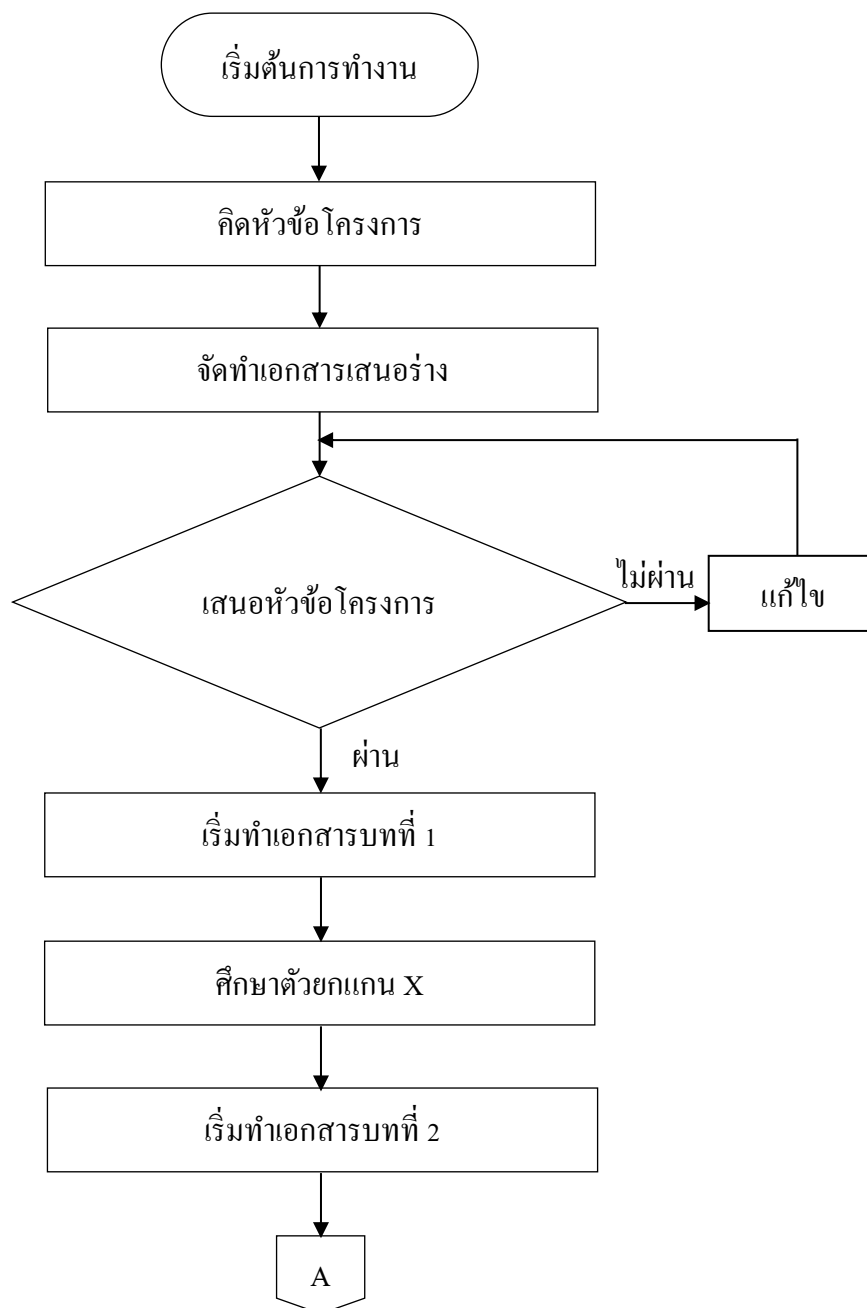
1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ตัวเอกเอกสารมีลักษณะเป็นแกน X เพื่อความสะดวกในการทำงาน
 - 1.3.1.1 ตัวเอกเอกสารมีความสูง 30-40 เซนติเมตร
 - 1.3.1.2 น้ำหนักบรรจุแฟ้มเอกสาร 500 กรัม
- 1.3.2 ใช้แผ่นอะคริลิกในการสร้างเป็นฐานติดตั้งมอเตอร์และฐานวางแฟ้มเอกสาร
 - 1.3.2.1 ขนาดแผ่นอะคริลิกกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร
 - 1.3.2.2 ความหนาฐานติดตั้งมอเตอร์และข้อต่อแกน 5 มิลลิเมตร
 - 1.3.2.3 ความหนาฐานวางแฟ้มเอกสาร 3 มิลลิเมตร
- 1.3.3 ใช้ลวดสกรูเนื้อ 8 มิลลิเมตร ยาว 38 เซนติเมตร ในการยกแฟ้มเอกสาร
- 1.3.4 ใช้มอเตอร์ รุ่น ZGA37RG DC:12 V มอเตอร์เกียร์ RPM

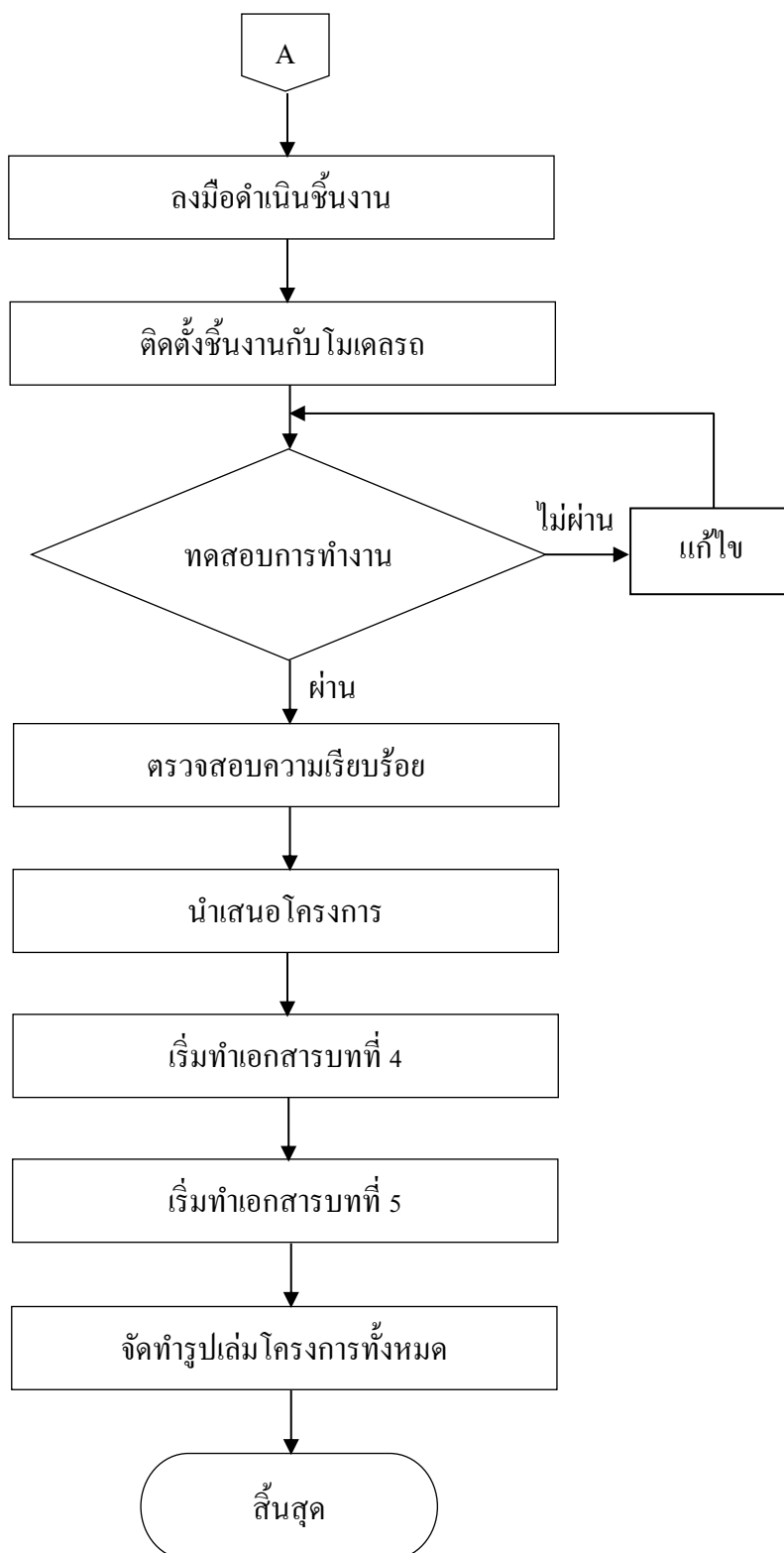
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 คิดหัวข้อโครงการ
- 1.4.2 จัดทำเอกสารเสนอร่าง
- 1.4.3 เสนอหัวข้อโครงการ
- 1.4.4 เริ่มทำเอกสารบทที่ 1
- 1.4.5 ศึกษาตัวเอกแกน X
- 1.4.6 ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน
- 1.4.7 เริ่มทำเอกสารบทที่ 3
- 1.4.8 เริ่มทำเอกสารบทที่ 2
- 1.4.9 ลงมือดำเนินชิ้นงาน
- 1.4.10 ติดตั้งชิ้นงานกับโมเดลรถ
- 1.4.11 ทดสอบการทำงาน

- 1.4.12 ปรับปรุงและแก้ไข
- 1.4.13 ตรวจสอบความเรียบร้อย
- 1.4.14 นำเสนอโครงการ
- 1.4.15 เริ่มทำเอกสารบทที่ 4
- 1.4.16 เริ่มทำเอกสารบทที่ 5
- 1.4.17 จัดทำรูปเล่มโครงการทั้งหมด



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน(ต่อ)

1.5 ระยะเวลาการทำโครงการ

ตารางการดำเนินงานโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2562 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2563 ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำโครงการ

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน							
		ปี พ.ศ.2562						ปี พ.ศ.2563	
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	คิดหัวข้อโครงการ	↔							
2	จัดทำเอกสารเสนอร่าง	↔							
3	เสนอหัวข้อโครงการ	↔↔							
4	เริ่มทำเอกสารบทที่ 1	↔↔							
5	ศึกษาด้วยกแกน X	↔↔							
6	ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน	↔↔							
7	เริ่มทำเอกสารบทที่ 3		↔↔						
8	เริ่มทำเอกสารบทที่ 2		↔↔						
9	ลงมือดำเนินชิ้นงาน		↔↔						
10	ติดตั้งชิ้นงานกับโมเดลรถ			↔↔					
11	ทดสอบการทำงาน			↔↔					
12	ปรับปรุงและแก้ไข				↔↔				
13	ตรวจสอบความเรียบร้อย				↔↔				
14	นำเสนอโครงการ					↔↔			
15	เริ่มทำเอกสารบทที่ 4						↔↔		
16	เริ่มทำเอกสารบทที่ 5						↔↔		
17	จัดทำรูปเล่มโครงการ ทั้งหมด						↔↔↔↔		

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 1.6.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 1.6.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่อาชีพในอนาคต
- 1.6.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 1.6.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างด้วยเอกสารอัจฉริยะ

1.7 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ

1.7.1 ค่าหมึก	400	บาท
1.7.2 ค่าแผ่นซีดี	50	บาท
1.7.3 ค่าทำเล่มโครงการ	60	บาท
1.7.4 ค่ากระดาษ	400	บาท
1.7.5 ค่าแผ่นอะคริลิก	800	บาท
1.7.6 ค่ามอเตอร์ รุ่น ZGA37RG	250	บาท
1.7.7 ค่าซื้อต่อแกน	120	บาท
1.7.8 ค่าลีดสกรูเนื้อ 8 มิลลิเมตร	480	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	<u>2,560</u>	บาท

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ มีองค์ประกอบที่จะทำให้โครงการมีความครบถ้วนสมบูรณ์คณะผู้จัดทำได้แบ่งเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องออกเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 ความต้องการของอุปกรณ์ที่เหมาะสม

2.2 ทฤษฎีของรถยก

2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์

2.4 บทความที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความต้องการของอุปกรณ์ที่เหมาะสม

2.1.1 ตัวยกเอกสารมีลักษณะเป็นแกน X เพื่อความสะดวก

2.1.2 ใช้แผ่นอะคริลิกในการสร้างเป็นฐานติดตั้งมอเตอร์และฐานวางเพิ่มเอกสาร

2.1.3 สามารถบรรจุเพิ่มเอกสารน้ำหนัก 500 กรัม

2.2 ทฤษฎีของรถยก

รถกระเช้า Mobile Elevated Work Platform (MEWP) หมายความว่าเครื่องจักรซึ่งติดตั้งกระเช้าและกลไกยกกระเช้าสำหรับยกคนขึ้นทำงานบนที่สูงและให้หมายความรวมถึงล้อเลื่อน รถลากจูงยานพาหนะที่ติดตั้งกระเช้าและกลไกยกกระเช้าด้วย ตัวกระเช้าต้องมีทางเข้า ราวกันและแผ่นที่บัพกันของตกโดยรอบ แบ่งตามลักษณะใช้งานออกเป็นห้าประเภท เนื่องจากการทำงานบนที่สูงมีศาสตร์วิชาและหลายอุปกรณ์ ให้เลือกใช้ตามสภาพงาน (hierarchy of control) ตัวอย่างเช่นเพลทฟอร์มถาวร นั่งร้าน กระเช้ายกคนที่ใช้ร่วมกับรถเครน กระเช้าคอนโดลาสำหรับทำงานบนผนังสูง การใช้สายบังคับระยะจำกัดพื้นที่ การใช้เชือกโรยตัวและการใช้อุปกรณ์ลดความรุนแรงจากการตก, รถกระเช้าก็เป็นหนึ่งในวิธีทำงานบนที่สูงซึ่งมีรายละเอียดและวิธีควบคุมเป็นแบบเฉพาะตัว สำหรับรถกระเช้าและการใช้งานจะกล่าวถึงในลำดับ

2.2.1 รถกระเช้าแบบเสากระโดง personal lift

2.2.2 รถกระเช้าแบบขากรรไกร scissor lift

2.2.3 รถกระเช้าแบบบูมตรง telescopic boomlift

2.2.4 รถกระเช้าแบบบูมหักศอก articulated boomlift

2.2.5 รถบรรทุกติดกระเช้ายกคน bucket truck



รูปที่ 2.1 แสดงรถกระเช้า Mobile Elevated Work Platform (MEWP)

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

บทนำและขอบเขตของเอกสาร Introduction and Scope องค์ความรู้วิศวกรรมความปลอดภัยเกี่ยวกับรถกระเช้า หากมองในภาพรวมพบว่าถูกเขียนจากหลายหน่วยงาน สรุปได้ดังนี้ เอกสารที่ออกโดยบริษัทผู้ผลิตและงานการตลาดของบริษัทผู้ผลิต : จุดเด่นของเอกสาร จะได้รายละเอียดข้อมูลทางวิศวกรรมของยี่ห้อและรุ่นนั้น ๆ แบบจำเพาะเป็นเชิงลึกครบถ้วน ทว่าอาจมีคำโฆษณาในลักษณะสนับสนุนการขายแฝงรวมอยู่ด้วย ผู้ศึกษาค้นคว้าจึงต้องระมัดระวังและค้นคว้าเอกสารจากส่วนอื่นประกอบด้วย จากนั้นจึงประมวลผลความเข้าใจอีกครั้ง เอกสารที่ออกโดยสถาบันทางวิชาการ : เอกสารจะให้ข้อมูลเชิงหลักการทางวิศวกรรมได้ดี เช่นเอกสารจะกล่าวถึงทฤษฎีหรือหลักการทำงานของรถกระเช้า ตัวอย่างเช่น มีรายละเอียดว่ารถกระเช้าแบบแขนตรงและรถกระเช้าแบบแขนหักศอก ทำงานตามทฤษฎีของคาน (lever theory) จุดศูนย์ถ่วงและทฤษฎีการล้มของรถกระเช้า ฯลฯ เป็นต้น ทั้งนี้อาจมีข้อด้อยในการแนะนำเชิงปฏิบัติการ ว่าต้องบังคับรถแต่และประเภทด้วยวิธีการอย่างไร หรือจะกล่าวโดยง่ายก็คือเด่นหลักการแต่ด้อยวิธีการนั่นเอง ขอบเขตของเอกสาร : เนื่องจากเอกสารฉบับนี้ เริ่มขั้นตอนจากการศึกษาข้อมูลจากสามแหล่ง เก็บข้อมูลจากการฝึกภาคปฏิบัติ-ภาคสนามหลายปี แล้วจึงนำข้อมูลมาผนวกรวมเข้าด้วยกัน ขอบเขตของข้อมูลจึงเน้นที่วิธีใช้งานรถกระเช้าอย่างมีประสิทธิภาพเป็นด้านหลัก จะอย่างไรก็ตาม ดังที่กล่าวแล้วข้างต้นว่าได้รวมทฤษฎีเชิงปฏิบัติการ หลักการและข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเอาไว้ด้วย



รูปที่ 2.2 แสดงรถกระเช้าแบบมาตรฐาน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.2.1 รถกระเช้าแบบ เสาคระโดง personal lift

แม้รถกระเช้าแบบนี้จะสามารถสร้างได้หลายออฟชั่น คล้ายกับรถกระเช้าแบบอื่นๆ ก็ตาม แต่โดยข้อจำกัดเกี่ยวกับทิศทางการทำงาน ซึ่งหมายความว่าตัวกระเช้าสามารถทำงานได้เพียง 2 ทิศทางเท่านั้นคือ ขึ้นและลงตามแนวดิ่ง ในทางปฏิบัติการจึงนิยมใช้เพียงรถกระเช้าขนาดเล็กและพับเก็บได้เท่านั้น ตัวอย่างของออฟชั่นที่สามารถสร้างได้เช่น แบบใช้งานบนพื้นราบบดอัด ขนาดเล็กทำงานบนเพลาฟลอร์มได้คนเดียว เคลื่อนย้ายโดยเช็ญด้วยแรงคน ทำงานบนขาหยั่ง (on base)สรุปว่ารถกระเช้าแบบเสาคระโดงออฟชั่นที่ใช้งานกันมากคือ แบบใช้บนพื้นที่ราบบดอัด มีขนาดเล็กทำงานคนเดียว พับเก็บขนย้ายได้ด้วยแรงคนและทำงานบนขาหยั่ง (on base not on wheel) การทำงานกระโดงซ้อนกัน 3 ท่อน เคลื่อนที่ยึดหดได้ ตัวกระเช้าจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวดิ่งตามแนวเสาคระโดง กลไกหลักที่เคลื่อนที่คือตัวกระเช้าและเสาคระโดงท่อนที่สองและท่อนที่สาม ต้นกำลังขับเคลื่อนกลไกดังกล่าวจะเป็นระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งปั้มไฮดรอลิกส์จะถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขั้นตอนการใช้งานมีดังนี้ตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานประจำวันตั้งขาหยั่ง ปรับตั้งขาหยั่งให้ได้ระดับน้ำ โดยคู่มือที่แนบควบคุมและระดับน้ำที่แท่นฐาน กรณีไม่ปรับขาหยั่งให้ได้ระดับน้ำ ระบบจะเซนเซอร์บังคับกระเช้าเคลื่อนที่ขึ้นไม่ได้ ปิดกั้นควบคุมพื้นที่ปฏิบัติงานที่แนบควบคุมด้านล่าง ให้เลือกเป็นควบคุมบนกระเช้า ทั้งนี้เนื่องจากแนบควบคุมจะมี 2 ที่คือด้านล่างที่ฐานของตัวรถและด้านบนจะแขนติดหรือยึดติดไว้ที่กระเช้า ผู้บังคับ-บังคับให้กระเช้าทำงานขึ้นลงตามระดับที่ต้องการทำงาน หลังใช้งานแล้วเสร็จให้หยุดระบบ ตรวจสอบสภาพหลังใช้งานประจำวัน ทำความสะอาดและจัดเก็บรถกระเช้า บนพื้นที่ซึ่งสถานประกอบกิจการกำหนด

2.2.2 รถกระเช้าแบบ ขากรรไกร scissor lift

รถกระเช้าแบบขากรรไกรจะเคลื่อนที่ตามแนวราบด้วยล้อยางและมีระบบบังคับเลี้ยวร่วมด้วย สำหรับตัวกระเช้าจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามแนวดิ่งได้สองทิศ ทาง แต่ออฟชั่นที่สามารถเพิ่มได้คือเพิ่มเป็นพื้นกระเช้าสองชั้น (หรือพื้นเพลาฟลอร์ม 2 ชั้น) พื้นกระเช้าชั้นบนเคลื่อนที่เข้าออกได้ (platform shifting or platform retract-extract) ซึ่งออฟชั่นดังกล่าวนี้ ทำให้กระเช้าเคลื่อนที่ได้รวม 4 ทิศทางคือขึ้น-ลง-เพลาฟลอร์มเคลื่อนที่เข้าตามแนวนอน-และเพลาฟลอร์มเคลื่อนที่เข้าตามแนวนอน กลไกของกระเช้า เป็นโครงติดตั้งร่วมกันไว้คล้ายขากรรไกร หรือคล้ายอักษรภาษาอังกฤษตัวเอ็กซ์พิมพ์ใหญ่ บางคนจึงเรียกว่า x-lift ต้นกำลังที่ทำให้ตัวกระเช้าเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทาง หมายถึงรวมถึงการเคลื่อนที่ด้วยล้อและการบังคับเลี้ยวคือระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งต้นกำลังปั้มไฮดรอลิกส์จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ก็ได้



คำอธิบายภาพ รถกระเช้าแบบขากรรไกร

- หมายเลข ๓ : ตัวกระเช้ามาตรฐาน มีประตูราวรั้ว แผ่นทับกันของตอก อุปกรณ์คล้องสายแลนด์ ยาร์ด พื้นกระเช้าสองชั้น ฯลฯ และแผงควบคุมบนกระเช้า (standard platform or permanent platform)
- หมายเลข ๒ : โครงสร้างของกลไกขากรรไกร (scissor arm) ติดตั้งกระบอกไฮดรอลิกส์สำหรับเป็นอุปกรณ์ทำงานให้ขากรรไกรยืดออกหรือหดเข้า และเซ็นเซอร์ระดับความสูง
- หมายเลข ๑ : เป็นส่วนของตัวรถ ประกอบด้วยชุดล้อ ระบบบังคับเลี้ยวซึ่งขับเคลื่อนให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์-แบตเตอรี่-ต้นกำลังไฮดรอลิกส์ ระบบเซ็นเซอร์ระดับน้ำและแผงควบคุมตัวรถ

รูปที่ 2.3 คำอธิบายภาพรถกระเช้าแบบขากรรไกร

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.4 แบบพื้นกระเช้าสองชั้น

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ออฟชั่นของรถกระเช้าที่สามารถสร้างได้ แบบใช้งานบนพื้นราบบดอัด ใช้งานบนพื้นที่ขรุขระ (rough terrain) ทำงานบนฐานล้อ (on wheel) ออฟชั่นนี้มีใช้ แต่มีระบบระดับน้ำเซนเซอร์หมายความว่าหากตัวรถเอียง ระดับน้ำจะส่งสัญญาณไปตัดระบบควบคุม ซึ่งจะบังคับตัวกระเช้าขึ้นไม่ได้แบบทำงาน ได้ทั้งออฟชั่นทำงานบนขาหยังและออฟชั่นทำงานบนฐานล้อ พื้นกระเช้าชั้นเดียวหรือรุ่นเพลทฟอร์มพื้นชั้นเดียวออฟชั่นนี้มีใช้มาก ไข่มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนไฮดรอลิกส์ (plug-in) ระบบไฮดรอลิกส์ การทำงานเมื่อโครงที่มีลักษณะคล้ายขากรรไกร ถูกดันด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ ก็จะเคลื่อนที่ ขึ้นตัวกระเช้าซึ่งถูกติดตั้งไว้ด้านบนก็เคลื่อนที่ขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้าม-หากกระบอกไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่กลับคืน โครงสร้างและกระเช้าก็จะลดระดับลง, ขั้นตอนการใช้งานก็จะเหมือนกับรถกระเช้าแบบเสากระโดง



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของโครงสร้างขากรรไกร

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

คำแนะนำข้อมูลด้านความปลอดภัยสำหรับรถกระเช้าแบบเสากระโดงและรถกระเช้าแบบขากรรไกร จะเห็นได้ว่าข้อมูลทางด้านวิศวกรรมทั้งสองออฟชั่น ไม่ว่าจะทำงานบนขาหยังหรือทำงานบนฐานล้อ ก็จะมีระบบป้องกันตัวรถเอียงและระบบฯ จะให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น รถกระเช้าแบบเสากระโดงและรถกระเช้าแบบขากรรไกรที่ทำงานบนขาหยัง กรณีปรับตั้งตัวรถไม่ได้ระดับ ระบบควบคุมจะเซนเซอร์ฟังก์ชันการเคลื่อนที่ขึ้นของกระเช้า จะบังคับให้ตัวกระเช้าเคลื่อนที่ขึ้นไม่ได้ รถกระเช้าแบบขากรรไกรที่ทำงานบนฐานล้อ หากตัวรถเอียง มีสัญญาณเตือน ระบบควบคุมจะเซนเซอร์ฟังก์ชันการเคลื่อนที่ขึ้นของกระเช้า ฯลฯ เป็นต้น ต้องไม่ลืมว่า รถกระเช้าทั้งสองแบบที่กำลังกล่าวถึงนี้ เคลื่อนที่ทำงานหลักๆ ได้สองทิศทางคือตามแนวตั้งขึ้นและตามแนวตั้งลง แม้บางออฟชั่น พื้นของกระเช้าจะเคลื่อนที่เข้า-ออกได้ก็ตาม แม้ในภาวะที่พื้นกระเช้าเคลื่อนที่ออก จุดศูนย์ถ่วงรวมของรถ (combine center gravity-combine CG) ก็ยังไม่ออกนอกฐานรับแรง เพราะหากจุดศูนย์ถ่วงออกนอกฐานรับแรงเมื่อใด รถก็จะล้ม เป็นไปตามทฤษฎีการล้มของวัตถุ

ทฤษฎีการล้มของวัตถุ = วัตถุนั้นจะล้มก็ต่อเมื่อจุดศูนย์ถ่วงออกนอกฐานรับแรง, เพื่อให้มีความยืดหยุ่น สำหรับการใช้รถกระเช้าแบบเสากระโดงขนาดเล็กสำหรับยืนทำงานคนเดียว ได้มากขึ้น-เมื่อจำเป็นต้องทำงานบนพื้นทรุดตัวหรือพื้นซึ่งไม่มั่นใจว่าจะทรุดตัว ให้ใช้ไม้เนื้อแข็งขนาดขั้นต่ำ ความหนา ๓๘ มิลลิเมตร ความกว้าง ๒๒๕ มิลลิเมตรและความยาวขั้นต่ำ ๔๖๐ มิลลิเมตร รองได้ขาหยังทุกขา

รูปที่ 2.6 ทฤษฎีการล้มของวัตถุ

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างข้อมูลทางวิศวกรรมของรถกระเช้าแบบกรรไกร

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.2.3 รถกระเช้าแบบ นูมตรง telescopic boomlift

กลไกการเคลื่อนที่ทำงานของรถกระเช้าแบบแขนตรง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งจะอธิบายโดยแยกเป็นส่วนย่อย ๆ ดังนี้

2.2.3.1 ล้อและระบบบังคับเลี้ยว เคลื่อนที่ตามแนวราบ

2.2.3.2 การเคลื่อนที่ของแขนหรือนูมท่อนหลักและนูมท่อนซ้อน

2.2.3.3 การเคลื่อนที่ของตัวกระเช้า



รูปที่ 2.8 รถกระเช้าแบบ บวมตรง telescopic boomlift

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

รถกระเช้าไม่ใช่ยานยนต์ถือว่าเป็นเครื่องจักรสำหรับยกคนขึ้นทำงานบนที่สูง ดันกำลังขับเคลื่อนตามแนวราบและบังคับเลี้ยวจะเป็นระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งการเคลื่อนที่จะช้า ประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือช้ากว่า จึงเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ระยะทางสั้นๆ เท่านั้น หากเป็นระยะ 500 เมตรหรือมากกว่า ก็จะใช้วิธีเคลื่อนย้ายด้วยรถบรรทุก, ชุดล้อขับเคลื่อนมีทั้งแบบใช้งานทั่วไปและแบบทำงานในพื้นที่ขรุขระ บวมรถกระเช้าแบบแขนตรง มีทั้งรุ่นที่เป็นบวมสองท่อนและบวมสามท่อน ซึ่งส่วนมากที่ใช้งานจะเป็นสามท่อน ท่อนหลักจะอยู่ติดกับตัวรถ บังคับขึ้นลงได้ จะมีบวมท่อนอื่นเลื่อนซ่อนไว้ด้านใน บวมท่อนที่ซ่อนอยู่ด้านในจะเคลื่อนที่เข้าออกได้โดยระบบไฮดรอลิกส์ การเคลื่อนที่ของบวมเคลื่อนที่ขึ้นลง โดยบวมท่อนหลัก แต่เนื่องจากบวมท่อนซ่อนติดตั้งไว้ด้วยกัน ก็จะทำให้เคลื่อนที่ขึ้นลงไปด้วยกันเคลื่อนที่ยึดหดตามแนวตรงโดยบวมท่อนซ่อน การเรียกลำดับบวม ให้เรียกท่อนที่อยู่ติดกับกระเช้าเป็นท่อนที่หนึ่ง ท่อนลำดับถัดไปเป็นท่อนที่สองและท่อนที่สาม ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น รุ่นบวม 3 ท่อน

- 1) บวมท่อนที่อยู่ติดกับกระเช้า เรียกว่าท่อนที่หนึ่ง
- 2) บวมท่อนกลาง เป็นท่อนที่สอง
- 3) บวมท่อนหลักซึ่งอยู่ติดกับตัวรถ เป็นท่อนที่สาม

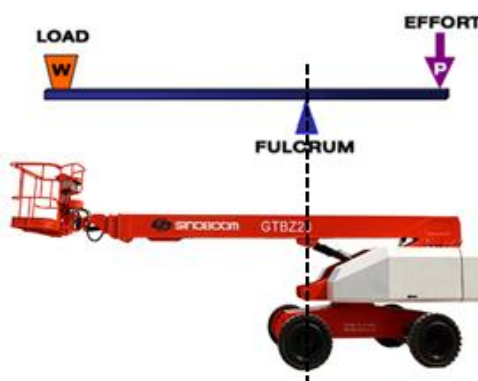
กระเช้าจะควบคุมให้เคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทางคือตามเข็มนาฬิกา ทวนเข็มนาฬิกา คว่าลงและหงายขึ้น เหตุผลทางวิศวกรรมความปลอดภัยการเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจากสภาพงานมีความหลากหลาย บางครั้งตำแหน่งของกระเช้ายังไม่พอดีกับสภาพการทำงาน เช่นต้องเอี้ยวตัวทำงาน ฯลฯ ฉะนั้นจึงต้องควบคุมปรับองศากระเช้าให้เหมาะกับการทำงานการเคลื่อนที่คว่าหงายเมื่อบวมถูกควบคุมให้ยก กระเช้าซึ่งติดตั้งอยู่ด้านปลายบวมก็จะเอียงคว่ามาทางตัวรถ ยิ่งปรับบวมสูงขึ้นองศาเอียงคว่าก็จะมากขึ้นตาม ฉะนั้นจึงมีระบบควบคุมเพื่อปรับกระเช้าให้ได้ระดับ ไม่เอียงกรณีควบคุมบวมให้ลดระดับต่ำลง การควบคุมระดับกระเช้าก็จะเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้าม



รูปที่ 2.9 การควบคุมระดับกระเช้า

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

หลักการทำงานและระบบความปลอดภัย ทฤษฎีการลี้มนของวัตถุกล่าวว่า วัตถุนั้นจะลี้มนก็ต่อเมื่อจุดศูนย์ถ่วงออกนอกฐานรับแรง รถกระเช้าแบบแขนตรง แขนหรือบูมสามารถยืดหดได้ เมื่อควบคุมให้บูม ยืดออกก็จะทำให้จุดศูนย์ถ่วงรวมขยับเคลื่อนเข้าใกล้พื้นที่ขอบของฐานรับแรงมากขึ้นและเมื่อจุดศูนย์ถ่วงรวมออกนอกฐานรับแรง รถกระเช้าก็จะลี้มน การทรงตัวของรถกระเช้าแบบนี้เป็นไปตามทฤษฎีของคาน (lever theory) ระบบความปลอดภัยป้องกันการลี้มนขณะใช้รถ เมื่อควบคุมให้บูมยื่นออกถึงค่าสูงสุดตามโพลดชาร์ท ก็จะมีสัญญาณเสียงเตือนและจะควบคุมให้บูมยื่นออกอีกไม่ได้ แต่สามารถควบคุมให้บูมหด กลับได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการลี้มนดังที่กล่าวแล้วข้างต้น



รูปที่ 2.10 ทฤษฎีการลี้มนของวัตถุ

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.2.4 รถกระเช้าแบบ นูมหักศอก articulated boomlift

รถกระเช้าแบบนี้การเคลื่อนที่ทำงานของล้อ ระบบบังคับเลี้ยวและการเคลื่อนที่ของกระเช้าเหมือน กับรถกระเช้าแบบแขนตรง ที่แตกต่างกันชัดเจนคือการทำงานของแขนหรือนูม หมายถึงเมื่อควบคุมให้ทำงาน แขนจะพับไปมาได้ โดยข้อมูลทางวิศวกรรม หากพิจารณาเชิงเปรียบเทียบที่ขนาดเดียวกัน หมายถึงฐานล้อเท่ากัน-น้ำหนักถ่วง counter weights เท่ากัน, รถกระเช้าแบบแขนตรงจะมีชิ้นส่วนเคลื่อนที่น้อยกว่า กลไกการทำงานของแขน ง่ายและซับซ้อนน้อยกว่า แต่ข้อจำกัดคือความสูงของระดับกระเช้าจะยกได้ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากแขนยึดได้เพียงแนวตรง และบังคับองศาขึ้นลงเท่านั้น เมื่อควบคุมยืดอกออกเพื่อให้กระเช้าปลายแขนสูงขึ้น จุดศูนย์ถ่วงรวมจะเข้าไปใกล้ขอบของฐานรับแรงได้มากกว่า ระบบจะตัดควบคุมการยืดแขนเพื่อป้องกันการล้ม ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว รถกระเช้าแบบแขนหักศอกจึงยกกระเช้าได้สูงกว่า หรือจะกล่าวโดยง่ายก็คือมีประสิทธิภาพสูงกว่านั่นเอง



ภาพประกอบบน : รถกระเช้าแบบแขนหักศอก
ภาพประกอบล่าง : รถบรรทุกติดกระเช้ายกคน

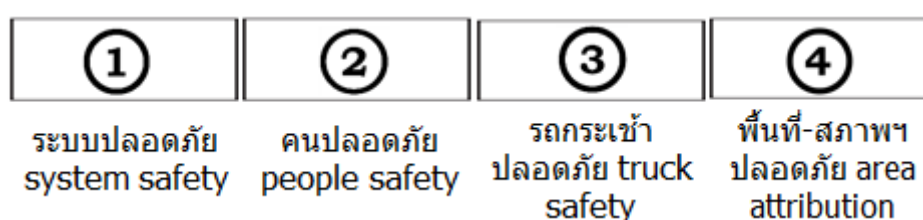
รูปที่ 2.11 รถกระเช้าแบบแขนหักศอกและรถบรรทุกติดกระเช้ายกคน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.2.5 รถบรรทุกติดกระเช้ายกคน bucket truck

รถกระเช้าคือเครื่องจักรที่มีกลไกในตัว เพื่อยกกระเช้าให้คนขึ้นทำงานบนที่สูง หนึ่งในข้อจำกัดคือเคลื่อนที่บนพื้นได้ช้า บางลักษณะงานต้องการเคลื่อนที่ถึงพื้นที่เป้าหมายรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นงานติดตั้ง-แก้ปัญหาระบบสายส่งไฟฟ้า งานกู้ภัยที่สูง งานดับเพลิงอาคารสูง ฯลฯ สภาพงานดังกล่าวต้องการใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ จึงนำแขนกระเช้ามาติดตั้งร่วมกับรถบรรทุก จึงเป็นที่มาของรถกระเช้าแบบนี้ ชุดแขนยกและกระเช้า+รถบรรทุกซึ่งเป็นยานยนต์ = รถบรรทุกติดกระเช้ายกคนทำให้รถกระเช้าแบบนี้ทำงานบนที่สูงได้และเคลื่อนที่ถึงพื้นที่เป้าหมายได้รวดเร็วกว่ารถกระเช้าแบบอื่น ข้อห้ามและแนวทางปฏิบัติการรถกระเช้า MEWP the code of practices แนวทางปฏิบัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ความปลอดภัยสูงสุด สำหรับการทำงานโดยใช้รถกระเช้า

ประกอบด้วย 4 ด้าน หากขาดส่วนหนึ่งส่วนใดก็จะมีภาวะเสี่ยงและอาจเกิดอันตรายในระดับร้ายแรงต่อผู้ปฏิบัติงานเอกสารระเบียบปฏิบัติ คู่มือคำแนะนำ ฯลฯ เรียกว่าระบบปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ความสามารถและสุขภาพเป็นปกติ, หัวหน้างานมีความรู้ความสามารถกำกับดูแลงานได้ และผู้จัดการต้นสังกัดบริหารจัดการเกี่ยวกับงานรถกระเช้าได้ เรียกว่าคนปลอดภัย ตัวรถและอุปกรณ์ส่วนควบได้มาตรฐานและสภาพพร้อมใช้งาน : เรียกว่า ตัวรถกระเช้าและอุปกรณ์ส่วนควบปลอดภัย ปิดกั้นพื้นที่ปฏิบัติงานและควบคุมการทำงานร่วมในพื้นที่เดียวกันกับจักรกลเคลื่อนที่อื่น : เรียกว่า พื้นที่หรือสภาพแวดล้อมการทำงานปลอดภัย



รูปที่ 2.12 ข้อห้ามและแนวทางปฏิบัติกรรถกระเช้า MEWP the code of practices

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

องค์ประกอบที่หนึ่ง: กำกับดูแลเกี่ยวกับระบบและเอกสารสนับสนุนการปฏิบัติงาน (System Procedure and Supporting Documents) วิธีตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานประจำวันและงานปกติ ปฏิบัติ (routine work) ที่ต้องใช้รถกระเช้าต้องมีคู่มือคำแนะนำ งานที่ทำเป็นครั้งคราว (one off jobs) ต้องวิเคราะห์ความปลอดภัยหรือประเมินความเสี่ยงและต้องขออนุญาตเข้าทำงานข้อโดยตรง หลังจากรถกระเช้าสตาร์ทหรือหลังจาก on power ห้ามไม่ให้เดินเข้าด้านหน้าหรือด้านหลังของรถ หากมีความจำเป็นจะอนุญาตเฉพาะผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องโดยตรงเท่านั้นเข้าใกล้ได้ทางด้านข้าง ส่วนผู้ไม่เกี่ยวข้องห้ามเข้าในระยะ 5 เมตร (five meter rules)

องค์ประกอบที่สอง: กำกับดูแลเกี่ยวกับการอนุญาตบุคคลเป็นผู้บังคับรถกระเช้า (MEWP Operator) ผู้บังคับรถกระเช้าต้องมีสองส่วนประกอบกันคือต้องมีความรู้ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการบังคับรถฯ, มีสุขภาพเป็นปกติและได้รับอนุญาตจากสถานประกอบกิจการ, ก่อนตัวแทนนายจ้างของสถานประกอบกิจการจะออกใบอนุญาต ต้องตรวจสอบใบประกาศนียบัตรและตรวจหลักฐานการตรวจสุขภาพเสียก่อน หากเอกสารสองส่วนนี้ไม่ครบ ก็จะออกใบอนุญาตฯ ไม่ได้ซึ่งในรายละเอียดจะแจกแจงและอธิบายดังต่อไปนี้ความรู้ ต้องผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้รถกระเช้าโดยเฉพาะและได้รับประกาศนียบัตร (certificate) จากหน่วยงานฝึกอบรมที่เป็น third party, ซึ่งหน่วยงานที่ออกใบประกาศนียบัตรต้องเป็นอิสระจากสถานประกอบกิจการ หลังจาก

ได้รับประกาศนียบัตร ผู้บังคับรถกระเช้าต้องเข้าร่วมฝึกอบรมทบทวนความรู้ทุกสองปีปฏิทิน (refresher training-แต่ละครั้งต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง)ความสามารถให้ฝึกปฏิบัติจริงภาคสนามกลุ่มย่อยละสามชั่วโมงและให้ปฏิบัติงานจริงภายใต้การกำกับดูแลของหัวหน้างานจนครบ 30 ชั่วโมง ผ่านการตรวจสอบภาพประจำปีปฏิทิน ตรวจสอบสภาพทางกายและสายตาโดยแพทย์กรณีสายตาสั้น สายตาวาวหรือสายตาเอียง ให้ตัดแว่นเพื่อปรับสภาพการมองเห็น, หากผู้ที่ตาบอดสีประสงค์จะขอใบอนุญาตจากสถานประกอบการ ให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพร่วมกับผู้จัดการต้นสังกัดของพนักงาน ร่วมกันทำประเมินความเสี่ยง หากผลการประเมินความเสี่ยงผ่านก็สามารถอนุญาตให้ใช้รถกระเช้าได้ สุขภาพแต่ละวันต้องเป็นปกติพร้อมทำงาน (fit to work), สุขภาพก่อนเริ่มงานเป็นหน้าที่โดยตรงและความรับผิดชอบของหัวหน้างาน กรณีพบว่าผู้บังคับรถกระเช้ามีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ จะไม่อนุญาตให้ใช้รถกระเช้าในวันนั้น

2.2.5.1 พักผ่อนต่ำกว่าหกชั่วโมงต่อวัน

2.2.5.2 ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือใช้สารเสพติดผิดกฎหมาย

2.2.5.3 ป่วยและทานยาประเภทระงับหรือกระตุ้นระบบประสาท

ผู้ที่ทำงานกับรถกระเช้า หรือผู้ที่ทำงานร่วมกับรถกระเช้าต้องใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยระดับพื้นฐานตั้งแต่หัวถึงเท้าและให้สวมเสื้อสะท้อนแสง



รูปที่ 2.13 high visibility vest

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

องค์ประกอบที่สาม: กำกับดูแลเกี่ยวกับคุณลักษณะของตัวรถกระเช้า การรักษาสภาพและการตรวจสอบรถกระเช้า (inspection and PM-preventive maintenance) รถกระเช้าและอุปกรณ์ส่วนควบของรถกระเช้าที่นำเข้ามาใช้ในสถานประกอบการต้องคุณลักษณะและให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือปฏิบัติตามแนวทาง (truck attribution, the code of practices) ดังต่อไปนี้กระเช้าคนขึ้นทำงานแผ่นพื้นต้องไม่ลื่น ระบายน้ำออกจากพื้นได้และต้องบรรจุข้อกำหนด ประตูเป็นแบบเปิดเข้า, รั้วกันตกต้องมีโดยรอบ หากเป็นรั้วโป่งต้องประกอบด้วยรั้วบน รั้วกลางและแผ่นที่บกกันของตก, แสดงค่ารับโหลดที่ตัวกระเช้า หน่วยเป็นกิโลกรัม, มีที่เกี่ยวข้องสายแลนยาร์ดของเซฟตี้เบลท์ อย่างน้อยสองจุด, ผ่านการตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานโดยผู้ใช้ และมีหลักฐานการตรวจสอบสภาพโดยวิศวกร

ประจํารอบสิบสองเดือนหรือประจํารอบปีปฏิทินตัวรถต้องเป็นสีโทนสว่างไม่แก่คร่ำ หากแก่คร่ำให้ทาสีใหม่ และที่ส่วนบนสุดและส่วนล่างสุดของรถหรืออุปกรณ์ส่วนควบของรถให้มีแถบเฉียงสลับสี ขาว-แดงสะท้อนแสงรอบตัวรถที่ส่วนบน สุดของตัวรถต้องมีไฟวับวาบ ขาว-แดง อย่างน้อยสองโคม (ยกเว้นแนวปฏิบัติของอุตสาหกรรมออสเตรเลีย จะบังคับขึ้นด้าสีโคม)ขณะรถเคลื่อนที่ ต้องมีสัญญาณไฟวับวาบ ขาว-แดง และสัญญาณเสียง

องค์ประกอบที่สี่: กำกับดูแลเกี่ยวกับสภาพการทำงาน การทำงานร่วมในพื้นที่เดียวกันกับจักรกลเคลื่อนที่อื่นและการทำงานร่วมกับคนสภาพการทำงานของรถกระเช้ามีสองลักษณะคือสภาพที่ควบคุมได้และสภาพที่ควบคุมไม่ได้ (uncontrollable cause and under controlable cause), สภาพที่ควบคุมไม่ได้ตัวอย่างเช่น ฝนฟ้าคะนอง ลมแรง สภาพเช่นนี้เป็นข้อห้ามไม่ให้ใช้รถกระเช้า ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงสภาพที่ควบคุมได้เท่านั้น ห้ามผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานฯ เข้าในพื้นที่การทำงานของรถกระเช้า ห้ามไม่ให้รถกระเช้าทำงานร่วมในพื้นที่เดียวกัน เวลาเดียวกันกับจักรกลเคลื่อนที่อื่น โดยไม่มีมาตรการควบคุมอุบัติเหตุ ขณะรถกระเช้าทำงาน ต้องปิดกั้นควบคุมพื้นที่ปฏิบัติงาน ทั้งนี้โดยใช้แถบกันอันตราย ธงรั้วกันอันตราย รั้วแข็ง สัญลัักษณ์จราจรหรือสัญญาณความปลอดภัย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกันก็ได้

2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์

2.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

2.3.1.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับ งานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของ มอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้น ๆ และสามารถเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องได้ –ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับ และพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง - ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้งานของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า สลับแบ่งออกได้ดังนี้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ 1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส - สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor) - คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor) - รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor) - ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor) - เชดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor) 2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส 3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- 1) มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรียส์มอเตอร์ (Series Motor)
- 2) มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันทัมอเตอร์ (Shunt Motor)
- 3) มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงาน อุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำ สุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุง โลหะหรือให้ เป็นต้น กำลังในการขับเคลื่อนรถไฟไฟฟ้าเป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

2.3.1.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

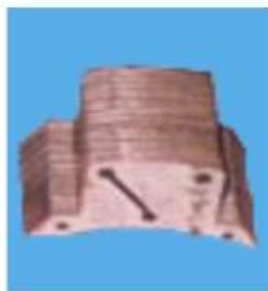
1) ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย - เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของ เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วย เหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก



รูปที่ 2.14 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

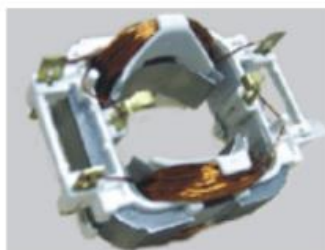
ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกัน เป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำ เป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิด ช่องอากาศน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจาก ขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มาก ทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน



รูปที่ 2.15 แกนขั้ว

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

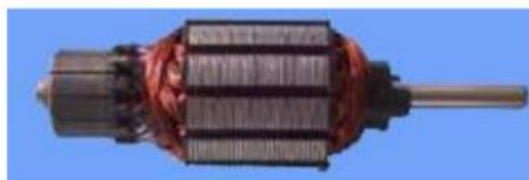
ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอามเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น



รูปที่ 2.16 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2) ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



รูปที่ 2.17 โรเตอร์

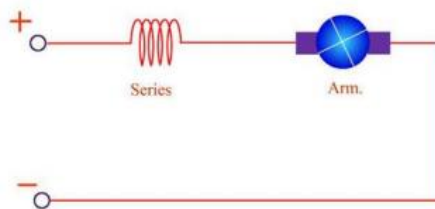
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ 1.แกนเพลลา (Shaft) 2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) 3.คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) 4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานั้นจะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้ แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวน ไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่แปลา สายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวด อาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับ เส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action) ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของขดลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้น ๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ

2.3.1.3 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงหลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรง เข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิด ในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานั้นสวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์ทันหมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นั้นเรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้น ตามกฎของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

2.3.1.4 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่าซีรีสฟี ลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำ มาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้าจักรเย็บผ้าเครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจ

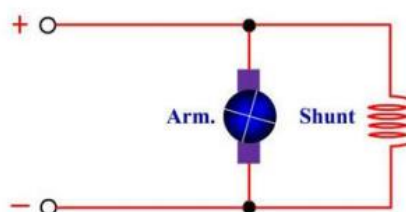
เกิดอันตรายได้ดังนั้น เมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่ 2.18 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชั้นท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาร์เมเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่แรงบิดเริ่มหมุนต่ำแต่ความเร็วรอบคงที่ชั้นท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับ งานพัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

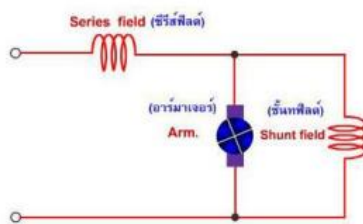


รูปที่ 2.19 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดี ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่มีมอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นท์อยู่2วิธี

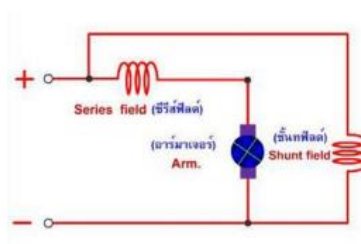
วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชั้นท์ขนานกับอาร์เมเจอร์เรียกว่า ชอทชั้นท์(Short Shunt Compound Motor)



รูปที่ 2.20 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ตชันทคอมปาวด์มอเตอร์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

วิธีที่ 2 คือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาร์มาเจอร์เรียกว่าลองชันทคอมปาวด์มอเตอร์(Long shunt motor)



รูปที่ 2.21 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันทคอมปาวด์มอเตอร์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.2 ฮีตเตอร์ (Heater) ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ทนความร้อนในอุตสาหกรรม ที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูงลวดตัวนำจะร้อนดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูงหลักการการทำงานของฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ มีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำความร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับโหลดดังนั้นลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติ ที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด, ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่ระหว่างขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของ ฮีตเตอร์ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมากแต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำดังนั้นข้อควรระวังคือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวงจรได้หากพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น (ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้น

ออกจาก ตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ที่ดีควรผ่านการทดสอบหาค่าความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ เพื่อให้แน่ใจว่าในการ นำไปใช้งาน จะไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจากขดลวดตัวนำ ดังนั้น มาตรฐานการทดสอบความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ควรจะไม่ต่ำกว่า 1500 VDC และ 11 ค่าความเป็นฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 500 เมกะโอห์ม

2.3.2.1 ชนิดของฮีตเตอร์ -ฮีตเตอร์ครีป /ฮีตเตอร์ท่อกลม (Finned Heater / Tubular Heater) โครงสร้างของ Tubular Heater คือมีขดลวดความร้อนบรรจุอยู่ในท่อโลหะช่องว่าง ระหว่างขดลวดความร้อนและท่อโลหะ จะถูกอัดแน่นด้วยผงแมกนีเซียมออกไซด์และถูกอัดลงให้มี ความหนาแน่นตามมาตรฐานวัสดุที่ใช้ทำ Tubular Heater มีหลายชนิดต่างกันตามลักษณะการใ้ งาน ดังนี้ทองแดงใช้กับน้ำสะอาดสแตนเลส 304ใช้กับอากาศที่มีการหมุนเวียน , เตออบ , น้ำ , น้ำมัน , ของเหลว หรือในอุตสาหกรรมอาหารที่มี pH 5- 9 สแตนเลส 316ใช้กับอากาศที่มีการหมุนเวียนกรด , สารละลาย , สารเคมี หรือของเหลวที่มีลักษณะกัดกร่อน อินโคลอย800ใช้กับอากาศที่ไม่มีการ หมุนเวียนเช่น ในเตออบ, น้ำ , น้ำมันและของเหลวทั่วไป ฮีตเตอร์ครีปทำจาก Tubular Heater ที่ดัด เป็นรูปต่างๆและเพิ่มแผ่นครีปม้วนติดกับท่อฮีตเตอร์ อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้าน หนึ่งส่วนของแผ่นครีปที่เพิ่มขึ้นมาจะทำให้ฮีตเตอร์ สามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้นส่วนฮีตเตอร์ ท่อกลมคือ Tubular Heater ที่ใช้ความร้อนโดยตรงโดยไม่ติดครีป



รูปที่ 2.22 ฮีตเตอร์ครีปและฮีตเตอร์ท่อกลม

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater) Immersion Heater ทำจาก Tubular Heater ที่ดัดเป็นรูปตัว ยู และเชื่อมติดกับเกลียวซึ่งมี ขนาดเกลียวตั้งแต่ 1 นิ้ว 1.1/4 นิ้ว, 1.1/2 นิ้ว, 2 นิ้ว, 2.1/2 นิ้วขนาดของ เกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของฮีตเตอร์ซึ่งมีตั้งแต่1U, 2U, 3U, 6U ตามความเหมาะสมของกำลัง วัตต์และความยาวของ ตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์แบบจุ่ม เหมาะสำหรับใช้กับของเหลวเช่นต้มน้ำ หรือ อุ่นน้ำมันการติดตั้งสามารถ ทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบจุ่มเข้าไป ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์ โผล่พ้นของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อน จัดเกินไปทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวทั่วถึงควรติดตั้งใบพัดกวน ของเหลวด้วย



รูปที่ 2.23 ฮีตเตอร์จุ่ม

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ฮีตเตอร์บอบบี้ (Bobbin Heater) เป็นฮีตเตอร์แบบจุ่มชนิดหนึ่งถูกออกแบบสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ปลอกฮีตเตอร์สามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีให้เลือกทั้งสแตนเลส 304, สแตนเลส 316 และควอทซ์โดยแบบสแตนเลสมีข้อดีคือเมื่อฮีตเตอร์เสียสามารถซ่อมได้แต่ ควอทซ์ใช้สำหรับงานชุบโดยใช้ไฟฟ้า, แช่ในกรดหรือสารละลาย



รูปที่ 2.24 ฮีตเตอร์บอบบี้

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) ลักษณะ Infrared Heater - เป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี (เหมือนกับที่ดวงอาทิตย์ส่งความร้อนมายังโลก) จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ ประหยัดไฟได้ 30- 50 % - สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1-10 เท่า (การให้ความร้อนแบบการพาและการนำความร้อนจะทำให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิว แล้วค่อย ๆ ซึมเข้าไปเนื้อในจึงใช้เวลานาน) มีขนาดเล็กกว่าฮีตเตอร์แบบทั่ว ๆ ไป ทำให้ประหยัดเนื้อที่การติดตั้ง และการถอดเปลี่ยน เพื่อซ่อมบำรุงง่าย มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากไม่มีเปลวไฟ ตัวเรือนมีความเป็นฉนวนสูงไฟไม่รั่ว ให้รังสีช่วง 3-10 μm . ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกือบทุกชนิดสามารถดูดซับรังสีได้ดี การประยุกต์ใช้งาน ใช้ในการอบแห้งต่าง ๆ เช่น สี, แล็กเกอร์, กาว, เมล็ดพันธุ์พืช, อีพอกซี ใช้กับอุตสาหกรรมพลาสติก อบพลาสติกให้อ่อนตัวก่อนนำไปเข้าเครื่องเป่า ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร ขนมันเบเกอรี่ ใช้ในวงการแพทย์เช่น การอบฆ่าเชื้อ, ห้องอบเด็กทารก ใช้กับอุตสาหกรรม

เคลือบผิวต่าง ๆ เช่น เคลือบสี, ผิว, เซรามิก, มีรามีน ข้อควรระวัง -การให้ความร้อนแบบอินฟราเรด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ตัววัตถุจะต้องดูดซับรังสีได้ดี ดังนั้นวัตถุบางชนิดที่มีผิวมันวาวหรือมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงได้ดีจะไม่เหมาะกับการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้ ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิ พยายามวางหัววัตถุอุณหภูมิให้ใกล้วัตถุมากที่สุดหรือใช้หัววัตถุอุณหภูมิแบบอินฟราเรด



รูปที่ 2.25 ฮีตเตอร์อินฟราเรด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

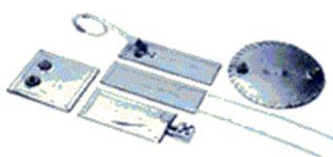
ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater) ได้รับการออกแบบสำหรับรัดท่อ หรือถึงรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจากแผ่น Mica และลวดฮีตเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) จึงทำให้ฮีตเตอร์ชนิดนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กขนาด 25 มม. หรืออาจใหญ่ถึง 600 มม. ก็ได้ ส่วนความกว้างอยู่ระหว่าง 20 –300 มม. ตัวถังด้านนอกเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลสเหมาะสำหรับให้ความร้อนกับเครื่องฉีด พลาสติกมีอีกชื่อว่าฮีตเตอร์กระบอก



รูปที่ 2.26 ฮีตเตอร์รัดท่อ

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) โครงสร้างจะเป็นแบบเดียวกับฮีตเตอร์รัดท่อแต่รูปทรงจะเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหมาะสำหรับให้ความร้อนกับแม่พิมพ์



รูปที่ 2.27 ฮีตเตอร์แผ่น

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

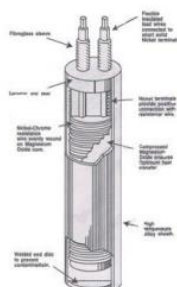
ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ลักษณะการใช้งานทั่วไปของ Cartridge Heater คือ ใส่ไว้ในช่องบนวัตถุ ความร้อนจะถูกส่งผ่านจากฮีตเตอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน ตัวอย่างงาน เช่น ให้ความร้อนแม่พิมพ์ของ เครื่องบรรจุหีบห่อ Cartridge Heater แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ High Density และ Low Density (บางครั้ง เรียกว่า High Temperature และ Low Temperature)



รูปที่ 2.28 ฮีตเตอร์แท่ง

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

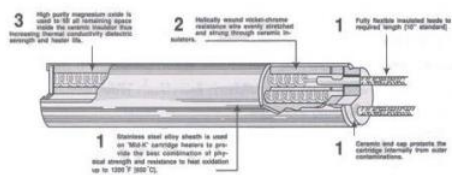
1) High Density (H) หลักการทำ Cartridge Heater ชนิด High density จะต้องรีดท่อโลหะ ที่มีตัวนำอยู่ภายในท่อ และฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ภายในลง ฉนวนภายในจะถูกอัดแน่น ทำให้ทนอุณหภูมิได้สูง และมีกำลัง (Watt/Cm²) สูง



รูปที่ 2.29 ฮีตเตอร์แท่ง High density

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2) Low Density (L) หลักการทำ Cartridge Heater ชนิด Low Density นำลวดที่พันเป็นแบบ สปริง แล้วร้อยลวด Ceramic ใส่ไว้ในท่อโลหะ ช่องว่างระหว่างท่อโลหะกับลวดอัดด้วยผง แมกนีเซียมออกไซด์



รูปที่ 2.30 ฮีตเตอร์แท่ง Low Density

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

การกำหนดว่า Cartridge Heater ตัวใดเป็น High Density หรือ Low Density จะพิจารณาจากค่า Watt Density ซึ่งเป็นหน้าที่ของทางผู้ผลิต ทาง IQH สามารถผลิตฮีตเตอร์ให้ตามที่ต้องการได้ โดยผู้ใช้งานเพียงระบุ ค่า 4 ค่าเท่านั้น คือ 1. เส้นผ่าศูนย์กลาง 2. ความยาว 3. แรงดัน 4. กำลังวัตต์

2.3.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

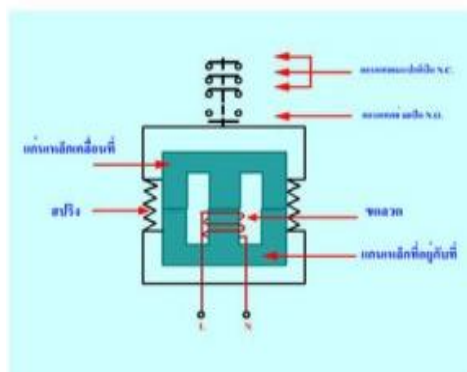
แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้ 17 อำนาจแม่เหล็กในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์เราสามารถเรียกอีกชื่อว่า สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือคอนแทคเตอร์ (Contactor)



รูปที่ 2.31 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.3.1 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่ขากลางของแกนเหล็กจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กจะสามารถชนะแรงสปริงได้ดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ เคลื่อนที่ลงมาในสภาวะเปิด (ON) คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออกและคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัสเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดก็จะกลับไปสู่สภาวะเดิม



รูปที่ 2.32 การทำงานแม่เหล็กคอนแทกเตอร์

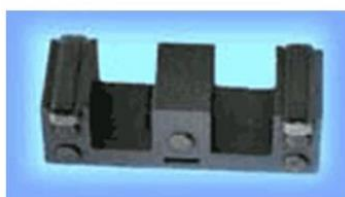
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ข้อดีของการใช้แม่เหล็กคอนแทกเตอร์

- 1) ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ควบคุมสูง
- 2) ให้ความสะดวกในการควบคุม
- 3) ประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ

2.3.3.2 ส่วนประกอบของแม่เหล็กคอนแทกเตอร์ แม่เหล็กคอนแทกเตอร์มีโครงสร้างหลักที่สำคัญดังนี้ 1.แกนเหล็ก 2.ขดลวด 3. หน้าสัมผัส

1) แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed Core) จะมีลักษณะเป็นขาสองข้างของแกนเหล็กมีหลอดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่เป็นรูปวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กอัน เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนจากไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกวงแหวนนี้ว่า เซ้ดเดิ้ลริง (Shaded ring)



รูปที่ 2.33 แกนเหล็กอยู่กับที่

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2) แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกน จะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่



รูปที่ 2.34 แกนเหล็กเคลื่อนที่

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

3) ขดลวด (Coil) ขดลวดทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบบ๊อบบิน (Bobbin) สวมอยู่ตรงกลางของขาคั้วที่อยู่กับที่ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก มีขั้วต่อไฟเขา



รูปที่ 2.35 ขดลวด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

4) หน้าสัมผัส (Contac) หน้าสัมผัสจะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ - หน้าสัมผัสหลัก(Main Contac) ใช้ในวงจรกำลังมีหน้าที่ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่โหลด - หน้าสัมผัสช่วย(Auxiliary Contac) ใช้กับวงจรควบคุม



รูปที่ 2.36 หน้าสัมผัส

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.4 สวิตช์(Switch) สวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าและช่วยทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้งานไฟฟ้า ถ้าเป็นชนิดที่ออกแบบโดยใช้ความร้อนและแม่เหล็กควบคุมเมื่อเกิดการ ลัดวงจรหรือการใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไปในวงจรก็สามารถที่จะตัดวงจรไฟฟ้าได้

2.3.4.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส ได้โดยใช้มือกดใช้ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์



รูปที่ 2.37 สวิตช์ปุ่มกด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.4.2 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

- 1) ปุ่มกดทำด้วยพลาสติกอาจเป็นสีเขียวแดงหรือเหลืองขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน
- 2) แหวนล็อก
- 3) ขากรอง
- 4) ชุดกลไกหน้าสัมผัส



รูปที่ 2.38 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.4.3 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด



รูปที่ 2.39 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ใช้นิ้วกดที่ปุ่มกดทำให้มีแรงดันหน้าสัมผัสให้เคลื่อนที่หน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิดส่วนหน้าสัมผัสที่เปิดจะปิด เมื่อปล่อยนิ้วออกหน้าสัมผัส จะกลับ สภาพเดิมด้วยแรงสปริงการนำไปใช้งานใช้ในการควบคุมการเริ่มเดินและหยุดหมุนมอเตอร์

2.3.4.4 ชนิดของสวิตช์ปุ่มกด

สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดาใช้ในงานเริ่มเดิน (Start) และหยุดหมุน (Stop) สวิตช์สีเขียวใช้ในการสตาร์ท หน้าสัมผัส เป็นชนิดปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์สีแดงใช้ในการหยุดการทำงาน (Stop) หน้าสัมผัสเป็นชนิดปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่า เอ็น ซี (N.C.)



รูปที่ 2.40 สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มเดิน (start) และหยุดหมุนนี้อยู่ในกล่องเดียวกัน ปุ่มสีเขียวสำหรับกดเริ่มเดินมอเตอร์ (Start) ปุ่มสีแดง สำหรับกดหยุดหมุน (Stop) เหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดเล็ก ใช้งานธรรมดาที่ใช้กระแสไม่สูงสามารถต่อได้โดยตรง ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

ขนาดใหญ่กว่า 1/2 แรงม้าต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic contactor) และอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงาน เกินกำลัง (Over Load Protection) ดังนั้น จึงทำให้ระบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.41 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มเดิน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์ดอกเห็ดเป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดาเป็นสวิตช์ที่เหมาะสมกับงานที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที



รูปที่ 2.42 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้หลอดสัญญาณสว่างออกมา



รูปที่ 2.43 สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ เป็นสวิตช์ที่ทำงานที่ใช้เท้าเหยียบเหมาะกับเครื่องจักรที่ต้องทำงานโดยใช้เท้าเหยียบ เช่น เครื่องตัดเหล็ก



รูปที่ 2.44 สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.5 ลิ้มิตสวิตช์(Limit Switch)



รูปที่ 2.45 ลิ้มิตสวิตช์

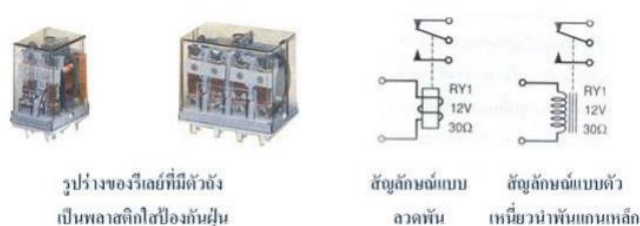
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.5.1 หลักการทำงานของลิ้มิตสวิตช์ ลิ้มิตสวิตช์โดยปกติแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ ปกติ (NO) และปิด (NC) จากโครงสร้าง ภายในตำแหน่งปกติ หน้าสัมผัสจะไม่ตอถึงกันทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ตำแหน่ง ทำงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทบ เช่น ลูกสูบ เคลื่อนที่ออกมาคาลิ้มิตสวิตช์ทำให้สภาวะการทำงาน เปลี่ยนจากปกติเปิด (NO) เป็นปกติปิด (NC) มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้และเมื่อลูกสูบ เคลื่อนที่กลับจะทำให้ลิ้มิตสวิตช์กลับสู่สภาวะ เดิมจากปกติปิด (NC) เป็นปกติเปิด (NO) ทำให้ตัดวงจรการทำงาน

2.3.6 รีเลย์(Relay)

2.3.6.1 ความหมายของรีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการ ดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทกต์ให้เปลี่ยนสถานะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการ ปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการ ควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

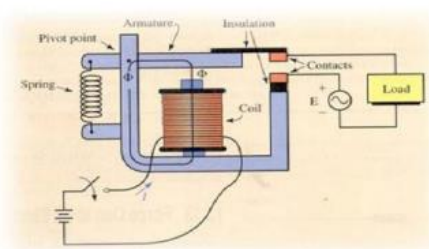
2.3.6.2 หลักการเบื้องต้นของรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาทำเป็นสวิตช์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยจะต้องป้อน กระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆที่ต่ออยู่กับ หน้าสัมผัสหรือคอนแทกต์ของรีเลย์



รูปที่ 2.46 รูปร่างและสัญลักษณ์ของรีเลย์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

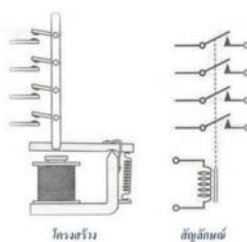
การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์เพื่อป้อน กระแสให้กับขดลวด (Coil) โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไป ดึงดูดก้อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติด กับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส (Contacts) การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึด ติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมเราสามารถนำ หลักการนี้ไปควบคุม โหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.47 หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

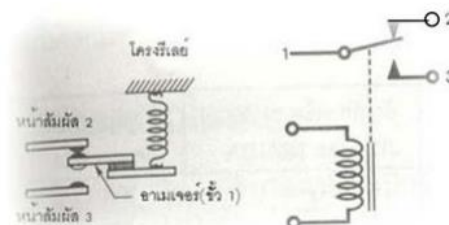
2.3.6.3 หน้าสัมผัสของรีเลย์



รูปที่ 2.48 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของชุดหน้าสัมผัสแบบ 4PST

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

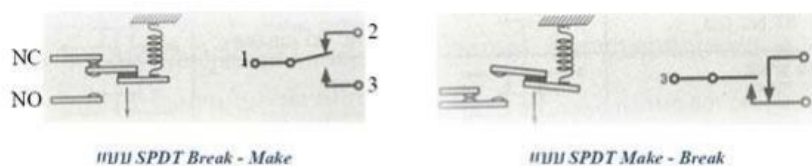
แสดงรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสเพียงชุดเดียวปัจจุบันรีเลย์ที่มีขดลวดชุดเดียวสามารถควบคุมหน้าสัมผัสได้หลายชุด อาร์เมเจอร์อันเดียวถูกยึดอยู่กับหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ 4 ชุดดังนั้นรีเลย์ตัวนี้จึงสามารถควบคุมการแตะหรือจากกันของหน้าสัมผัสได้ถึง 4 ชุดแต่ละหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้มีชื่อเรียกว่าขั้ว (Pole) รีเลย์มี 4 ขั้ว จึงเรียก หน้าสัมผัสแบบนี้ว่าเป็นแบบ 4PST (Four Pole Single Throw) ถ้าแต่ละขั้วที่เคลื่อนที่แล้วแยกจากหน้าสัมผัสอันหนึ่งไปแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งเหมือนกับสวิตช์โยกโดยเป็นการเลือกหน้าสัมผัสที่ขนาบอยู่ทั้งสองด้าน หน้าสัมผัสแบบนี้มีชื่อว่า SPDT (Single Pole Double Throw)



รูปที่ 2.49 หน้าสัมผัสแบบ SPDT

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ในกรณีที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดของรีเลย์สถานะ NO (Normally Open) คือสถานะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกันถ้าต้องการให้สัมผัสกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้า 27 ขดลวด ส่วนสถานะ NC (Normally Closed) คือสถานะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วสัมผัสกันถ้าต้องการให้แยกกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดนอกจากนี้ยังมีแบบแยกก่อนแล้วสัมผัส (Break Make) หมายถึงหน้าสัมผัสระหว่าง 1 และ 2 จะแยกจากกันก่อนที่หน้าสัมผัส 1 และ 3 จะสัมผัสกัน แต่ถ้าหากตรงข้ามกันคือหน้าสัมผัส 1 และ 2 จะสัมผัสกัน และจะไม่แยกจากกันจนกว่าหน้าสัมผัส 1 และ 3 จะสัมผัสกัน (Make-Break)



รูปที่ 2.50 หน้าสัมผัสแบบ SPDT แบบ Break-Make และ Make-Break

ที่มา(<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.6.4 ชนิดของรีเลย์ 1. อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay) 2. รีดรีเลย์ (Reed Relay) 3. รีดสวิตช์ (Reed Switch) 4. โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

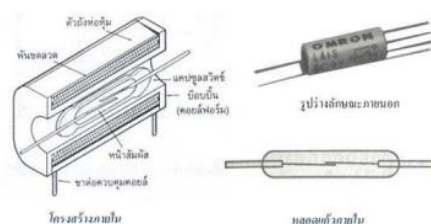
1) อาร์เมเจอร์ (Armature Relay) คือรีเลย์ที่ได้อธิบายหลักการทำงานซึ่งเป็นรีเลย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด บางครั้งเรียกรีเลย์แบบนี้ว่ารีเลย์ชนิดแคลปเปอร์ (Clapper Relay)



รูปที่ 2.51 รีเลย์อาร์เมเจอร์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

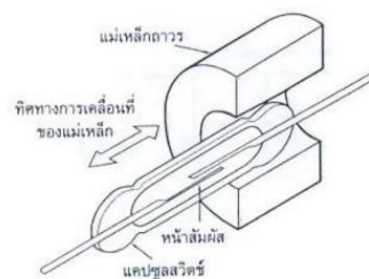
2) รีดรีเลย์ (Reed Relay) เป็นรีเลย์ไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็ก แสดงภาพตัดขวางของรีเลย์ที่ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่ารีดแคปซูลซึ่งมีคอยล์พันบน แกน บ๊อบบินรีดแคปซูลจะเป็นหลอดแก้ว ภายในบรรจุก๊าซเฉื่อยหน้าสัมผัสเป็นโลหะ ผสมแผ่นบาง ๆ ปลายตัด 2 แผ่น วางซ้อนแต่ไม่สัมผัสกันเป็นสวิตช์ชุดเดียวทางเดียวหน้าสัมผัส ปกติเปิดวงจร (SPST-NO)



รูปที่ 2.52 รีเลย์ชนิดรีดรีเลย์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

3) รีดสวิตช์ (Reed Switch) เป็นรีเลย์อีกชนิดหนึ่งแต่ไม่มีชุดขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็กการควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัสของสวิตช์จะใช้สนามแม่เหล็กจากภายนอกมาควบคุมหน้าสัมผัสโครงสร้างภายในของรีดสวิตช์



รูปที่ 2.53 รีเลย์ชนิดรีดสวิตช์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

4) โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay) เป็นรีเลย์ที่ไม่มีโครงสร้างทางกลอยู่ภายใน มีขั้วต่ออย่างละ 2 ขั้ว ขั้วอินพุตเป็นขั้วสำหรับป้อนสัญญาณควบคุม เพื่อบังคับให้ขั้วเอาต์พุตปิดหรือเปิดวงจรโดยจะมีการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างขั้วอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 2.54 โซลิดสเตตรีเลย์

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

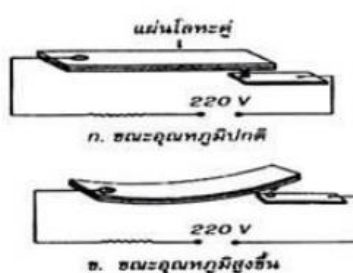
2.3.7 เทอร์โมสแตท (Thermostat) หรือสวิตช์ความร้อนอัตโนมัติทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ หรือระดับความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยจะตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเครื่องใช้ร้อนถึงจุดกำหนด



รูปที่ 2.55 เทอร์โมสแตท

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.7.1 การทำงานของเทอร์โมสแตท มีส่วนประกอบเป็นโลหะต่างชนิดกัน 2 แผ่นประกบกัน เมื่อได้รับความร้อน จะขยายตัวได้ต่างกัน เช่น เหล็กกับทองเหลือง โดยให้แผ่นโลหะที่ขยายตัวได้น้อย (เหล็ก) อยู่ ด้านบน ส่วนแผ่นโลหะที่ขยายตัวได้มาก (ทองเหลือง) อยู่ด้านล่าง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่น โลหะทั้งสองมากขึ้น จะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนแผ่นโลหะทั้งสองโค้งงอเป็นเหตุให้จุดสัมผัส แยกออกจากกัน เกิดเป็นวงจรเปิด กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านไม่ได้และเมื่อแผ่นโลหะทั้งสองเย็นลงก็จะสัมผัสกันเหมือนเดิม เกิดเป็นวงจรปิด กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านแผ่นโลหะทั้งสองได้อีกครั้ง วงเวียนเช่นนี้เรื่อยไป



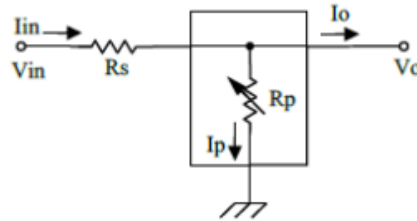
รูปที่ 2.56 การทำงานของเทอร์โมสแตท

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.8 ไอซีเรกูเลเตอร์ (IC Regulator)

2.3.8.1 รีเลย์เรกูเลเตอร์แบบขนาน (Shunt Regulator) การทำงานของวงจรเรกูเลเตอร์แบบขนาน โดยมีแรงดันอินพุต VIN จ่าย ให้กับวงจร มีตัวต้านทาน RS ทำหน้าที่ในการจำกัดกระแสที่

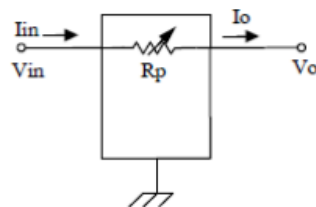
จะไหลผ่านวงจรทั้งหมด ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ R_P จะทำการปรับค่าเองโดยอัตโนมัติเพื่อให้แรงดันที่เอาต์พุตคงที่ตลอด สมการของ แรงดันเอาต์พุต $V_O = V_{IN} - R_S (I_O + I_P)$



รูปที่ 2.57 แผนผังการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบขนาน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.8.2 เร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม (Series Regulator) หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรมนี้ โดยมีการจ่ายแรงดันที่ ยังไม่ได้มีการเร็กกูเลทไปยัง R_P โดย R_P จะปรับค่าความต้านทานของตัวเองได้อัตโนมัติ ทำให้เกิด แรงดันตกคร่อมที่ R_P ค่าหนึ่ง จะได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ แรงดันอินพุตลบด้วยแรงดันตกคร่อมใน ตัวเร็กกูเลเตอร์ ซึ่งผลของการปรับค่า R_P ที่ ถูกต้อง ก็จะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามที่ต้องการ และ จากหลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์ชนิดนี้เองที่ได้นำมาประยุกต์มาเป็นไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ ต่างๆ ทั้งเบอร์ 78XX เบอร์ 79XX และอื่นๆ อีก



รูปที่ 2.58 แผนผังการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม

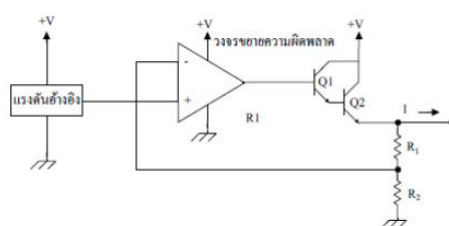
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.8.3 แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์ชนิดนี้สามารถแบ่งออกได้ 3 ภาค ประกอบไปด้วย

1) วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Referent) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นอิสระต่อทั้งอุณหภูมิ และ แรงดันที่จ่ายให้กับเร็กกูเลเตอร์

2) วงจรขยายความผิดพลาด (Error Amplifier) ทำหน้าที่คอยเปรียบเทียบแรงดันระหว่าง แรงดันอ้างอิงและสัค ส่วนของแรงดัน เอาท์พุท ที่ป้อนกลับ มาที่ขาอินเวอร์ตติ้งของออปแอมป์

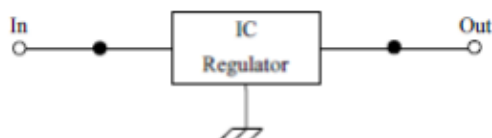
3) ซีรีส์พาสทรานซิสเตอร์ (Series Transistor) ทำหน้าที่จ่ายกระแสเอาท์พุทให้เพียงพอ กับ ความต้องการโหลด เมื่อป้อนแรงดันอินพุทให้กับ ไอซีเร็กกูเลเตอร์ แรงดันเอาท์พุทจะถูกป้อนมายังอินพุท โดย R1 และ R2 ทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อม R2 จะเป็นสัดส่วนกับแรงดันที่ เอาท์พุท วงจรขยายความผิดพลาดจะทำหน้าที่รักษาสัดส่วนของแรงดันอ้างอิงกับแรงดันที่ตกคร่อม R2 ให้เท่ากัน ถ้าแรงดัน VR2 มากกว่า VREF วงจรขยายความผิดพลาดจะลดระดับการขยายสัญญาณ เอาท์พุท ทำให้ทรานซิสเตอร์จ่ายกระแสลดลงเป็นผลให้แรงดันเอาท์พุทที่จ่ายให้โหลดลดลงด้วย ถ้าแรงดัน VR2 น้อยกว่า VREF วงจร ขยายความผิดพลาดจะเพิ่มระดับการขยายสัญญาณ เอาท์พุท ทา ให้ทรานซิสเตอร์จ่ายกระแสเพิ่มขึ้น เป็นผลให้แรงดันเอาท์พุทที่จ่ายให้โหลดเพิ่มขึ้น ด้วย



รูปที่ 2.59 แผนผังวงจรพื้นฐานของเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

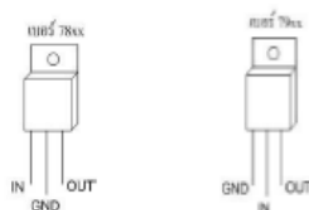
2.3.8.4 ไอซีเร็กกูเลเตอร์สามขาชนิดจ่ายแรงดันคงที่ ไอซีเร็กกูเลเตอร์ภายในประกอบด้วย วงจรเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม มีขาต่อใช้งาน 3 ขา ประกอบด้วยขา อินพุท เอาท์พุท และกราวด์ ซึ่งจะจ่ายแรงดันค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะ โดยรวมเอา ส่วนของวงจรป้อนกลับที่ประกอบด้วย R1 และ R2 เข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของไอซีซึ่งจุดนี้ นี้เองที่แตกต่างไปจากไอซีเร็กกูเลเตอร์ที่ปรับค่าได้



รูปที่ 2.60 การต่อไอซีเร็กกูเลเตอร์ใช้งานแบบง่าย ๆ

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

จุดเด่นของไอซีเรギュเลเตอร์ค่าคงที่นี้คือสามารถต่อวงจรได้ง่ายไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมาก ในการต่อวงจรบางครั้งจำเป็นต้อง ต่อไอซีเรギュเลเตอร์ห่างจากแหล่งจ่ายไฟ อินพุตเกิน 5 เซนติเมตร จึงควรใส่ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์ ขนาดประมาณ 10 ไมโครฟารัด สักตัวไว้ด้านอินพุต เพื่อป้องกันการเกิดออสซิลเลตที่ความถี่ สูง ซึ่งจะทำให้วงจรขาดเสถียรภาพ เอาท์พุตที่ออกจากไอซีเรギュเลเตอร์ จะได้แรงดันเอาท์พุตที่ เรียบพอสมควรอยู่แล้ว แต่อาจจะใส่ตัวเก็บประจุที่มีค่าประมาณ 100 ไมโครฟารัด เพื่อช่วยปรับปรุง แรงดันให้เรียบขึ้น ถึงแม้ว่าแรงดันไอซีเรギュเลเตอร์ชนิดนี้จะให้แรงดัน เอาท์พุตคงที่ มีเบอร์ให้เลือกแรงดันเอาท์พุตได้คงที่หลายเบอร์เช่น 5 V, 5.2 V, 6V, 8V, 10V, 12V, 15V, 18V และ 24V กระแส เอาท์พุตตั้งแต่10 มิลลิแอมป์ ถึง 3แอมป์และมีให้เลือกทั้งชนิดเรギュเลเตอร์ไฟบวกและเรギュเลเตอร์ไฟลบ



รูปที่ 2.61 ตำแหน่งขาของIC Regulator เบอร์ 78xxและ79xx

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.9 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งผ่าน พลังงานจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรโดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยปกติจะใช้ เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้า แรงสูงและไฟฟ้าแรงต่ำ หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่ง กำลังไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า สามารถเปลี่ยนขนาด แรงดันไฟฟ้าหรือขนาดของกระแสไฟฟ้าได้ซึ่งขึ้นอยู่กับกรออกแบบและใช้งาน



รูปที่ 2.62 หม้อแปลงไฟฟ้า

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.9.1 โครงสร้างของหม้อแปลง หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้า กำลังได้ 2 แบบคือหม้อแปลงไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมี โครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

- 1) ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- 2) ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- 3) ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
- 4) แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
- 5) อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวดเช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมันหรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมัน ช่วยระบายความร้อนเป็นต้น
- 6) โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวดแกน เหล็ก รวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่
- 7) สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยน ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย วัสดุที่ใช้ทำขดลวด หม้อแปลงโดยทั่วไปทำมาจากสายทองแดงเคลือบน้ำยาฉนวนมีขนาด และลักษณะลวดเป็นทรง กลมหรือแบนขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลงลวดเส้นโตจะมีความสามารถในการจ่ายกระแสได้ มากกว่าลวดเส้นเล็ก หม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้ลวดถักแบบตีเกลียวเพื่อเพิ่มพื้นที่สายตัวนำ ให้มี ทางเดินของ กระแสไฟมากขึ้นสายตัวนำ ที่ใช้พันขดลวดบนแกนเหล็ก ทั้งขดลวดปฐมภูมิและ ขดลวดทุติยภูมิอาจ มีแทปแยก (Tap) เพื่อแบ่งขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (ในหม้อแปลงขนาดใหญ่จะ ใช้การเปลี่ยนแทป ด้วยสวิตช์อัตโนมัติ) ฉนวน สายทองแดงจะต้องผ่านการเคลือบน้ำ ยาฉนวนเพื่อ ป้องกัน ไม่ให้ขดลวดลัดวงจรถึงกัน ได้ การพันขดลวดบนแกนเหล็กจึงควรมีกระดาษอาบนํ้ายา ฉนวนคั่นระหว่างชั้นของขดลวดและคั่น แยกระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับทุติยภูมิด้วยในหม้อแปลง ขนาดใหญ่มักใช้กระดาษอาบนํ้า ยาฉนวน พันรอบสายตัวนำก่อนพัน เป็นขดลวดลงบนแกนเหล็ก นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันชนิดที่เป็นฉนวนและ ระบายความร้อนให้กับขดลวดอีกด้วย



รูปที่ 2.63 ฉนวน

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

แกนเหล็ก แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำ-ซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ แผ่นเหล็กแต่ละชั้นเป็นแผ่นเหล็กบางเรียงต่อกัน หลายชั้นทำให้มีความต้านทานสูงและช่วยลดการสูญเสียบนแกนเหล็กที่ส่งผลให้เกิดความร้อน หรือที่เรียกว่ากระแสไหลวนบนแกนเหล็ก โดยทำแผ่นเหล็กให้เป็นแผ่นบางหลายแผ่นเรียงซ้อน ประกอบขึ้นเป็นแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งมีด้วยกันหลายรูปแบบเช่น แผ่นเหล็กแบบ Core และ แบบ Shell



รูปที่ 2.64 แกนเหล็ก

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ขั้วต่อสายไฟ โดยทั่วไปหม้อแปลงขนาดเล็กจะใช้ขั้วต่อไฟฟ้าต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก และ ถ้าเป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้แผ่นทองแดง (Bus Bar) และบุชซึ่งกระเบื้องเคลือบ (Ceramic) ต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก แผ่นป้าย

แผ่นป้ายจะติดไว้ที่ตัวถังของหม้อแปลงเพื่อแสดงรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลงอาจเริ่มจากชื่อบริษัทผู้ผลิต ชนิด รุ่นและขนาดของหม้อแปลง ขนาดกำลังไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านรับไฟฟ้าและด้านจ่ายไฟฟ้า ความถี่ใช้งาน วงจรขดลวดลักษณะการต่อใช้งาน ข้อควรระวัง อุณหภูมิมาตรฐานการทดสอบ และอื่น ๆ



รูปที่ 2.65 แผ่นป้าย

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.3.9.2 หลักการทำงานของหม้อแปลง กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวว่าไว้ว่าเมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้า กระแสสลับ และทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนา เกิดขึ้นที่ขดลวดนี้ คำอธิบาย: เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้มี แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนา เกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนา นี้ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดพื้นที่แกนเหล็กและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการ เปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กใน ขดลวดเส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับเส้นแรงแม่เหล็กเกือบ ทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวดจะทำให้มี แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนา เกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้

2.3.9.3 ข้อกำหนดทางไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 1. ไม่เปลี่ยนแปลงความถี่ไปจากเดิม 2. กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงด้านปฐมภูมิเท่ากับด้านทุติยภูมิ เช่นหม้อแปลงขนาด 100 VA, 20 V / 5 V จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ 20 V ส่วนด้านทุติยภูมิจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 V

2.3.9.4 ประเภทของหม้อแปลง หม้อแปลงอาจแบ่งได้หลายวิธี เช่น แบ่งตามพิกัดกำลังระดับแรงดันไฟฟ้า หรือ จุดประสงค์การใช้งาน สำหรับในประเทศไทยอาจจะแบ่งได้ดังนี้ หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ในการส่งผ่านพลังงานในระบบ ส่งกำลังไฟฟ้าโดยทั่วไปจะมีขนาดตั้งแต่ 1 MVA ขึ้นไปจนถึงหลายร้อย MVA หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง หม้อแปลงวัด (Instrument Transformer) เป็นหม้อแปลงที่มีได้ใช้เพื่อการส่งผ่านพลังงาน แต่ใช้เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าจากระบบแรงดันสูงให้มีขนาดที่เหมาะสมกับ เครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ เช่น มิเตอร์

2.3.9.5 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า การจำแนกหม้อแปลงตามขนาดกำลังไฟฟ้ามีดังนี้

- 1) ขนาดเล็กจนถึง 1 VA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณในงาน อิเล็กทรอนิกส์
- 2) ขนาด 1-1000 VA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานด้านเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านขนาดเล็ก
- 3) ขนาด 1 kVA -1 MVA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานจำหน่ายไฟฟ้าใน โรงงาน สำนักงาน ที่ พักอาศัย
- 4) ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 1 MVA ขึ้นไป เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานระบบไฟฟ้ากำลังในสถานี่ ไฟฟ้าย่อย การผลิตและจ่ายไฟฟ้า นอกจากนี้หม้อแปลงยังสามารถจำแนกชนิดตามจำนวนรอบของขดลวดได้ดังนี้ 1.หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่ม (Step-Up) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบมากกว่า ขดลวดปฐมภูมิ 2.หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าลง (Step-Down) ขดลวดทุติยภูมิจะมี

จำนวนรอบน้อยกว่า ปฐมภูมิ 3.หม้อแปลงที่มีเทปแยก (Tap) ทำให้มีขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้หลายระดับ 4.หม้อแปลงที่ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกัน (Isolating) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวน รอบเท่ากับขดลวดปฐมภูมิหรือมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากัน ทั้งสองด้าน

2.3.9.6 การหาขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า ขั้วของหม้อแปลงมีความสำคัญเพื่อจะนำหม้อแปลงมาต่อใช้งานได้อย่างถูกต้องการหาขั้ว หม้อแปลงมีหลักการทดสอบโดยการต่อขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิอนุกรมกันซึ่งจะทำให้เกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าขั้วเสริมกัน (Additive Polarity) หรือขั้วหักล้างกัน (Subtractive Polarity) ถ้าขั้ว เสริมกันเครื่องวัดจะอ่านค่าได้มากกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลงแต่ถ้าขั้วหักล้างกัน เครื่องวัดจะอ่านค่าได้น้อยกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลง การหาขั้วหม้อแปลงมีความสัมพันธ์ระหว่างขั้วแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้าน สูงและแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านต่ำ เมื่อเราจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับขั้ว H1 และ H2 ส่วนขดลวดที่เหลือคือขั้ว X1 และ X2 สิ่งที่เราควรรู้ในการทดสอบคืออัตราส่วนของแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างปฐมภูมิกับทุติย ภูมิและเพื่อความปลอดภัยไม่ควรจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าทดสอบเกินกว่าขนาดของขดลวดแรงเคลื่อน ไฟฟ้าตัวอย่างเช่น หม้อแปลง 480 V / 120 V จะมีอัตราส่วนของแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างปฐมภูมิ กับทุติยภูมิเท่ากับ 4 ดังนั้นหากจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 120 V ให้กับขดลวดปฐมภูมิจะทำให้มีแรงเคลื่อน ไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ 120 / 4 เท่ากับ 30 V ซึ่งจะไม่ทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้างูเกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

2.4 บทความที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยการครั้งนี้ผู้วิจัยได้ลำดับหัวข้อการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆดังนี้

2.4.1 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

2.4.2 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

2.4.1 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

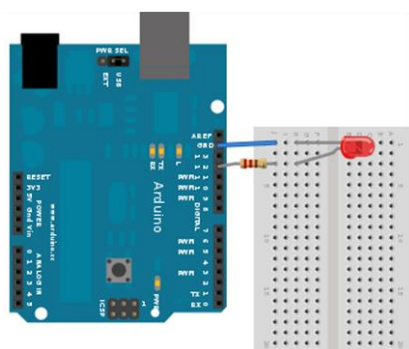
โปรแกรม Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย



รูปที่ 2.66 บอร์ด Arduino

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

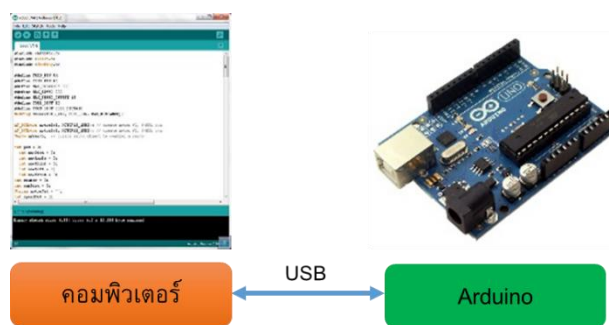


รูปที่ 2.67 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED และบอร์ด XBee Shield

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- 2.4.1.1 ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- 2.4.1.2 มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง
- 2.4.1.3 Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- 2.4.1.4 ราคาไม่แพง
- 2.4.1.5 Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

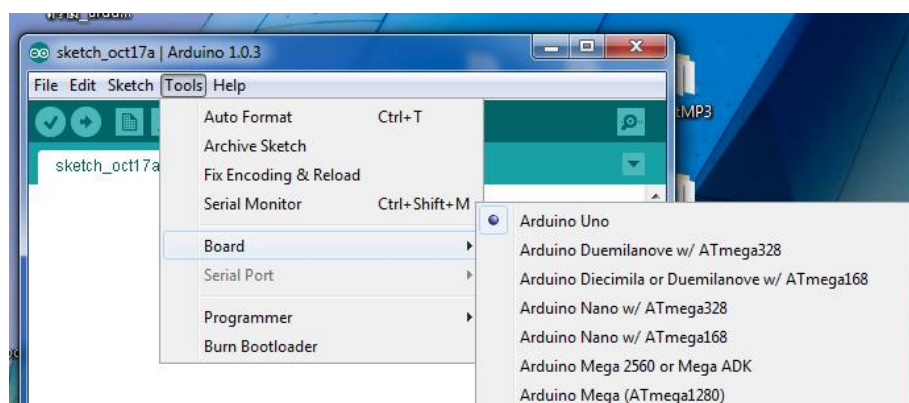


รูปที่ 2.68 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.4.1.6 เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE

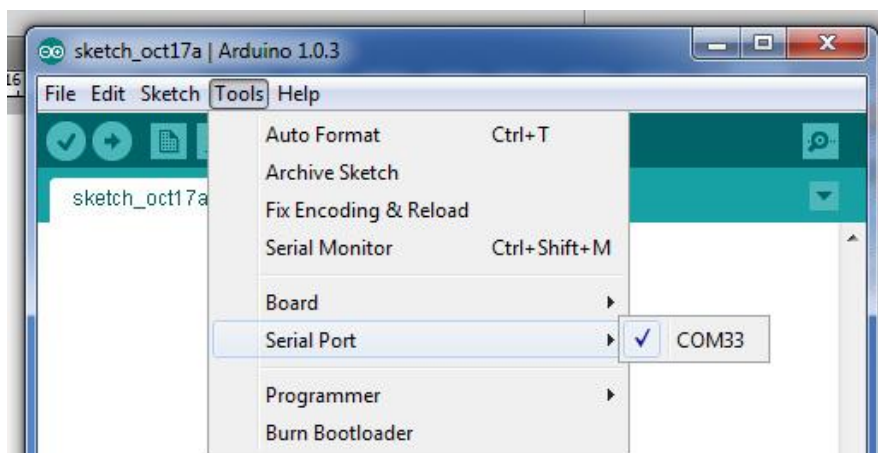
2.4.1.7 หลังจากเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com Port



รูปที่ 2.69 เลือกบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

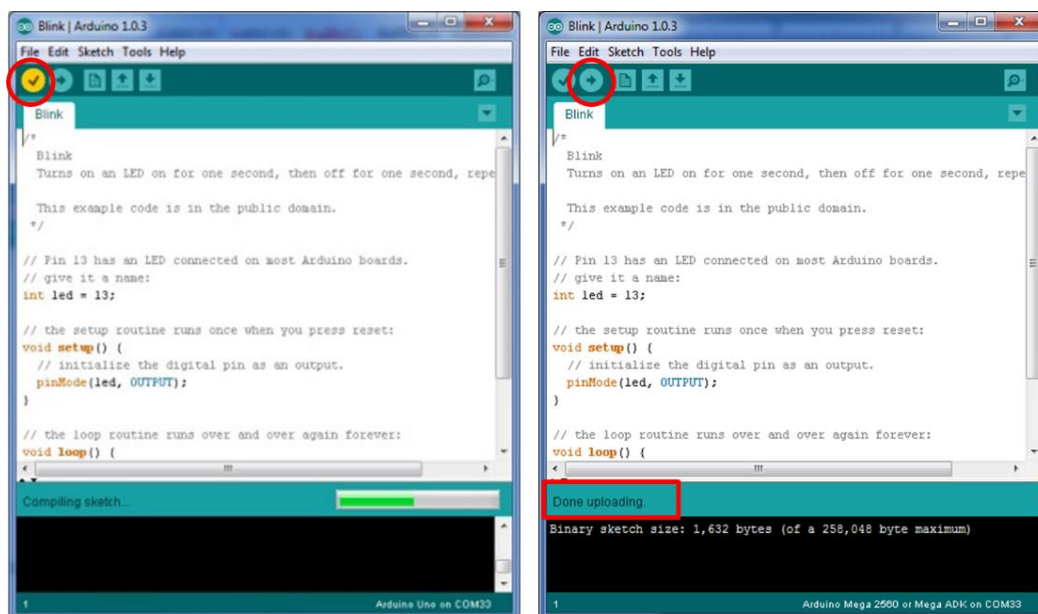
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.4.1.8 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความบนแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



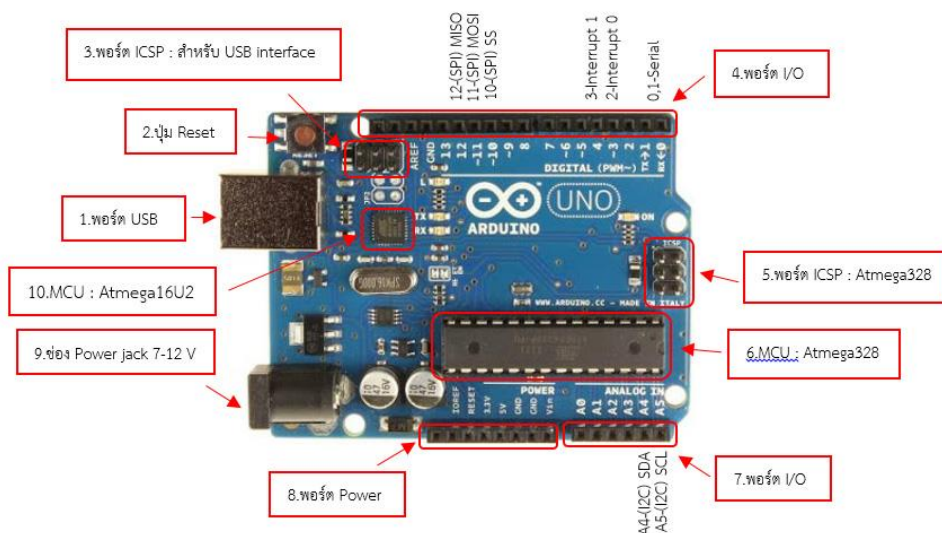
รูปที่ 2.70 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.71 ตรวจสอบความถูกต้องและอัปเดตโปรแกรม

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.72 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

- 1) USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
- 2) Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
- 3) ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
- 4) I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- 5) ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
- 6) MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
- 7) I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
- 8) Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
- 9) Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
- 10) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

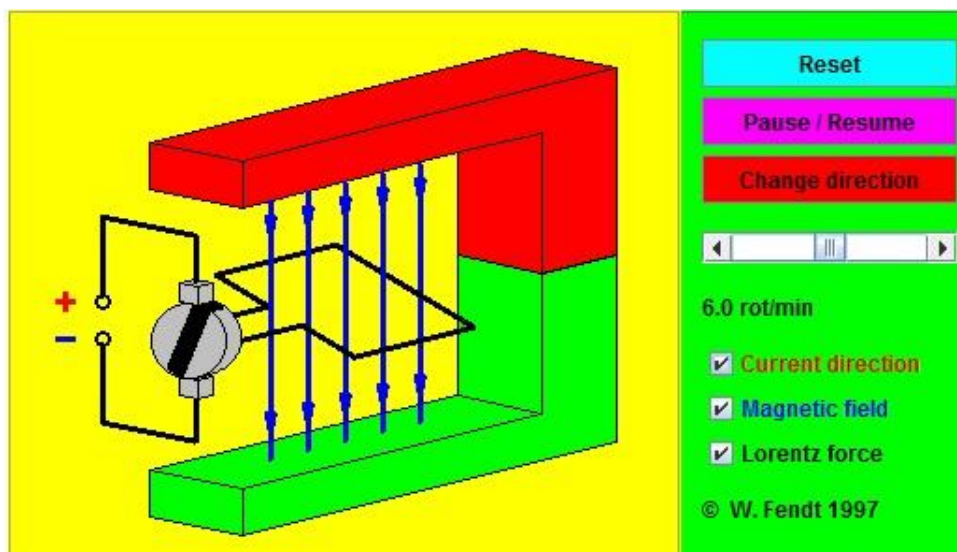
โปรแกรมภาษาของอาร์ดูโนใช้ภาษา C/C++ เป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์ ที่มีโครงสร้างของตัวภาษใกล้เคียงกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) มีการปรับปรุงรูปแบบการเขียนโปรแกรม และให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบ มาตรฐานของ ANSI-C ภาษาซีของอาร์ดูโนจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยหลายส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่าฟังก์ชัน และเมื่อนำฟังก์ชันมารวมเข้าด้วยกันก็จะเรียกว่าโปรแกรมโดยโครงสร้างการ เขียนโปรแกรมของอาร์ดูโนนั้น ทุก ๆ โปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้แต่อย่าง น้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชัน จำนวน 2 ฟังก์ชัน คือ `setup()` และ `loop()`

โครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับอาร์ดูโนประกอบด้วย 2 ส่วนคือ `setup` และ `loop - header` คือส่วนที่นำเข้าไปในบรรทัดที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและประกาศตัวแปรที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม `setup` คือส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดทุกโปรแกรม ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชัน ใช้ สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวช่วงเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรก ได้แก่ คำสั่งเดียวกับการตั้งค่าการทำงาน เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของช่องทาง และการ กำหนดค่าอัตราบอด (baud rate) สำหรับใช้งานช่องทางสื่อสารอนุกรม เป็นต้น `loop` คือส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดทุกโปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชัน `setup()` ฟังก์ชัน `loop()` ใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำกันไปไม่รู้จบ

2.4.2 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

DC motor ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ โรเตอร์ และสเตเตอร์ โรเตอร์ก็คือส่วนที่หมุน ส่วนสเตเตอร์คือส่วนที่เป็นขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็ก

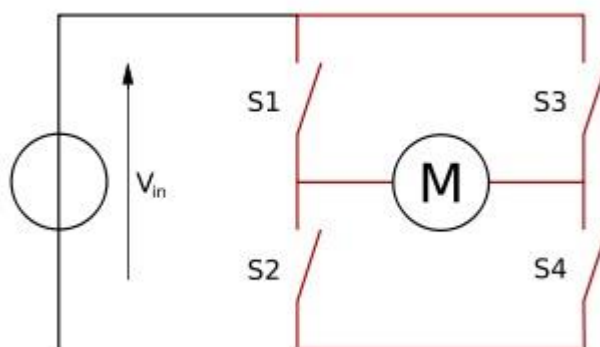
2.4.2.1 หลักการทำงานของ DC motor คร่าวๆ ก็คือการนำกระแสตรงมาตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม และสร้างให้เกิดการหมุนของแกนโรเตอร์ ถ้าอยากดู Animation ใหม่ๆ ของ Professor ใจดีที่ทำเพื่ออธิบายหลักการทำงานของ DC motor



รูปที่ 2.73 หลักการทำงานของ DC motor

ที่มา(<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ส่วนมากเราต้องการควบคุมทิศทาง และ ความเร็วรอบของมอเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการขับเคลื่อนสายพาน หรือ ล้อของหุ่นยนต์ เพราะเราคงไม่ต้องการให้หมุนแบบอิสระควบคุมไม่ได้ ดังนั้นก็เลยมีคนคิดวงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ขึ้นมา แบบที่นิยมใช้กันเรียกว่าวงจร "H-Bridge"

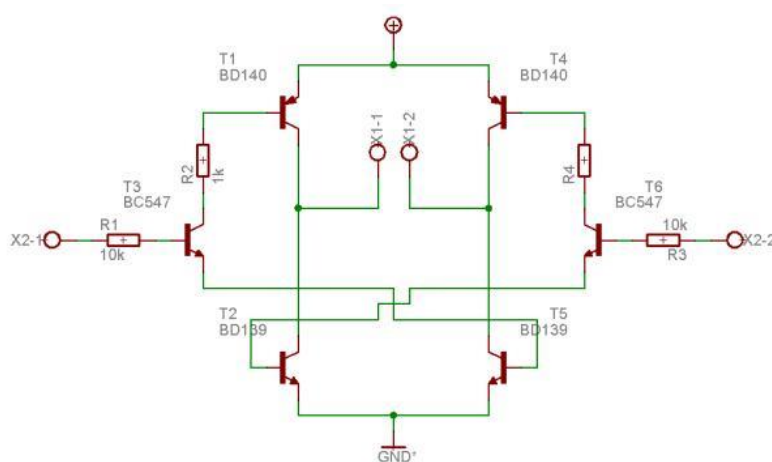


รูปที่ 2.74 วงจร H-Bridge

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

1) หากต้องการให้หมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise :CW) ก็ให้ S1 และ S4 ปิดวงจร และให้ S2 และ S3 เปิดวงจร

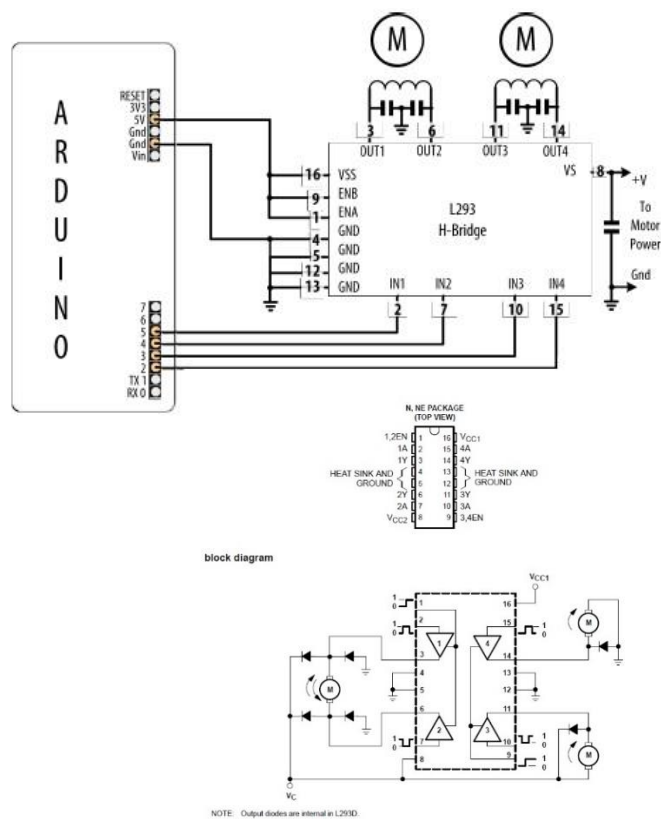
2) หากต้องการให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา (Conter Clockwise :CCW) ก็ให้ S2และ S3 ปิดวงจร และให้ S1 และ S4 เปิดวงจรจะเห็นว่าสวิตช์จะทำงานเป็นคู่ S1 คู่กับ S4 และ S2 คู่กับ S3 คู่แรกทำงาน คู่สองต้องเปิดวงจร และในทางตรงข้ามก็คือคู่สองทำงาน คู่แรกต้องเปิดวงจร ทีนี้จะทำอย่างไรให้การเปิดปิดเป็นแบบที่ง่ายกว่านี้ คำตอบก็คือ ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเช่น MOSFET หรือ IGBT หรือ อื่น ๆ แล้วแต่ความเหมาะสม เช่น ขนาดกระแส แรงดันที่ต้องการควบคุม



รูปที่ 2.75 Schematic ขอวงจร H-Bridge

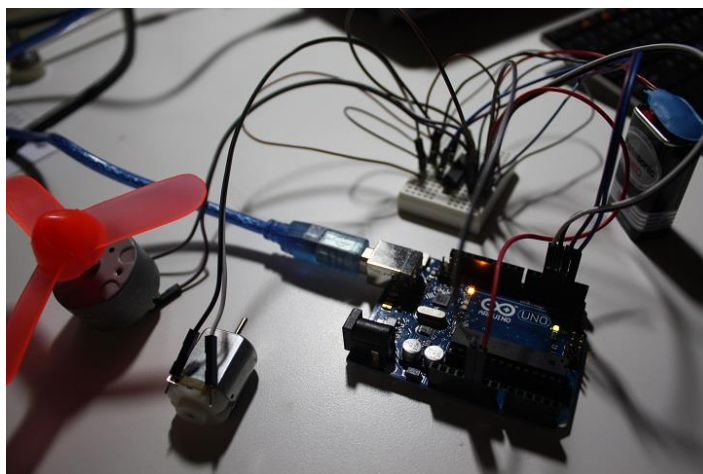
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

Schematic ขอวงจร H-Bridge มีทั้ง Motor Shield L293D Motor Shield L298P และ IC ที่มีวงจร H-Bridge มีให้เลือก 2 แบบ หลักๆ คือ L293D และ L298P



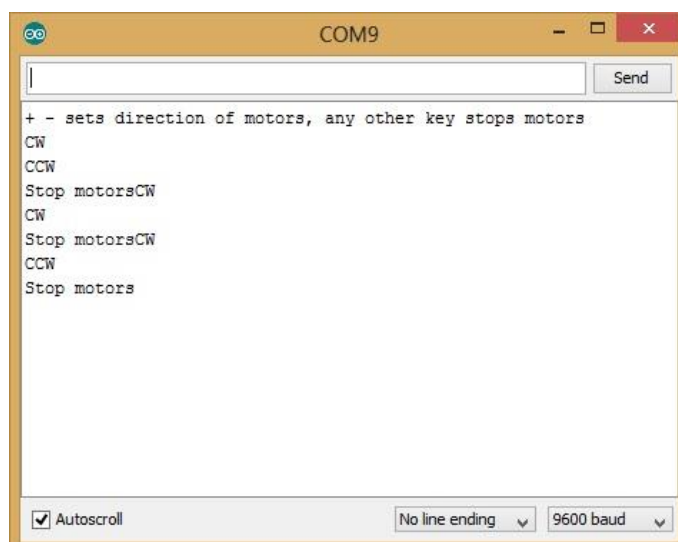
รูปที่ 2.76 แผงไฟครอบ Arduino

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.77 แหล่งจ่ายไฟ

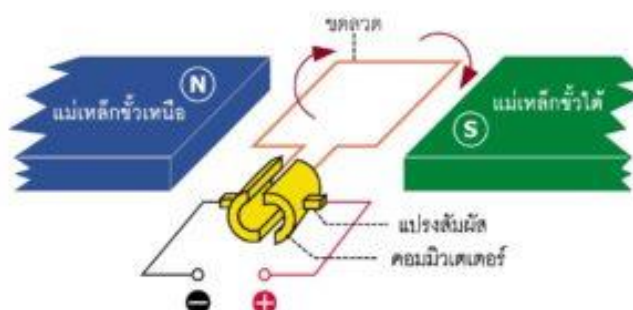
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)



รูปที่ 2.78 หน้าจอ Serial Monitorกำหนดทิศทาง

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.4.2.2 การทำงานของมอเตอร์ไฟตรง การขับหรือทำให้มอเตอร์ไฟตรงทำงานเพื่อหมุนแกนนั้นง่ายมาก เพียงจ่ายไฟเข้าที่ขั้วของมอเตอร์เท่านั้นและเมื่อกลับขั้วของการจ่ายไฟมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศทางสำหรับการอธิบายการทำงานของมอเตอร์โดยทั่วไปจะอ้างถึงมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว เมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ผ่านทางแปรงสัมผัสซึ่งต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์และขดลวดเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและเกิดแรงดูดจากแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดสามารถหมุนได้ แต่ด้วยการใช้ขดลวดเพียง 2 ขั้ว การหมุนของมอเตอร์จะขาดเสถียรภาพเพราะในความเป็นจริงเมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนไป 90 องศาจะทำให้เกิดการลัดวงจรคอมมิวเตเตอร์ทั้ง 2 ชั้น ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล แต่แกนของมอเตอร์ยังหมุนไปด้วยแรงเฉื่อย ทำให้จังหวะการทำงานนั้นไม่ต่อเนื่อง และทำให้อัตราเร็วในการหมุนไม่คงที่ ซึ่งทางแก้ไขนั้นจะใช้มอเตอร์แบบมีขดลวด 3 ขั้ว ที่มีการพันในทิศทางที่สลับกัน



รูปที่ 2.79 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

ในมอเตอร์ไฟตรงที่ใช้งานจริงนั้น จะเป็นมอเตอร์แบบขดลวด 3 ขั้ว ดังนั้นคอมมิวเตเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการจ่ายกระแสให้แก่ขดลวดจะมี 3 ชั้น ดังแสดงโครงสร้างและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรงแบบ 3 ขั้วในรูปที่ 3 ด้วยการใช้ขดลวด 3 ชุดนี้ช่วยให้การหมุนของมอเตอร์มีเสถียรภาพมากขึ้น เพราะแม้ว่าจะเกิดจังหวะที่คอมมิวเตเตอร์ 2 ชั้นจะถูกตัดวงจร ดังในขั้นตอนที่ 2 และ 4 ของรูปที่ 3 แต่เนื่องจากมีคอมมิวเตเตอร์ 3 ชั้น เมื่อตัดวงจร 2 ชั้น ก็เสมือนกับรวมกันเป็นคอมมิวเตเตอร์ 1 ชั้น จึงสามารถทำงานกับคอมมิวเตเตอร์อีก 1 ชั้นที่เหลือ เพื่อกำหนดจังหวะการจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อไปได้ ทำให้ไม่เกิดภาวะกระแสไฟฟ้าหยุดไหลดังที่เกิดในมอเตอร์แบบขดลวด 2 ขั้ว



รูปที่ 2.80 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรงแบบขดลวด 3 ขั้ว

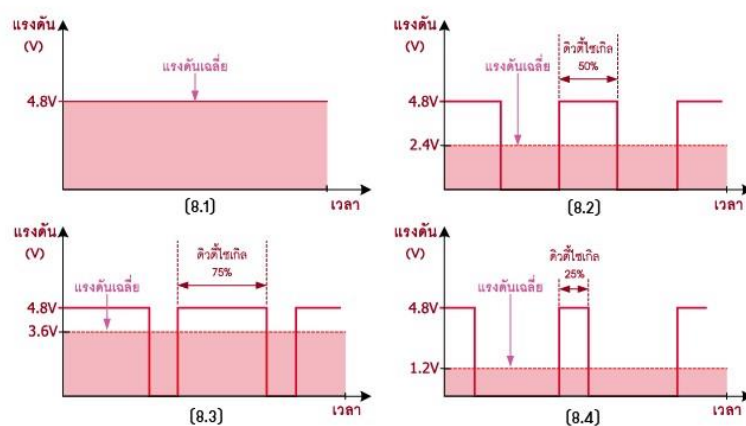
ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

2.4.2.3 ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในการขับมอเตอร์โดยปกติจะป้อนแรงดันไฟตรงให้โดยตรง มอเตอร์จะทำงานเต็มกำลัง ซึ่งอาจมีความเร็วมากเกินไป ดังนั้นการปรับความเร็วของมอเตอร์จึงใช้วิธีลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ วิธีที่นิยมคือ การป้อนพัลส์ไปขับมอเตอร์ แทนแล้วปรับความกว้างพัลส์ช่วงบวก เพื่อให้ได้ค่าแรงดันเฉลี่ยตามต้องการ วิธีการนี้เรียกว่า พัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์ (PWM)

ความหมายสัญลักษณ์อักษรกำกับวงจร

ตารางที่ 2.1 ตารางความหมายสัญลักษณ์อักษรกำกับวงจร

สัญลักษณ์	ความหมาย
S1	สวิตช์ปุ่มกดหยุดเดินมอเตอร์ (Push Button Stop)
S2	สวิตช์ปุ่มกดเดินมอเตอร์ความเร็วต่ำ(Push Button Low Speed)
S3	สวิตช์ปุ่มกดเดินมอเตอร์ความเร็วสูง(Push Button Hing Speed)
F1	ฟิวส์ป้องกันวงจรกำลัง(Power Fuse)
F2	ฟิวส์ป้องกันวงจรควบคุม(Control Fuse)
F3	ส่วนป้องกันมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วต่ำ(Overload Relay)
F4	ส่วนป้องกันมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วสูง(Overload Relay)
K1	แมกเนติกคอนแทกเตอร์ต่อความเร็วต่ำ (Low Speed Contactor)
K2	แมกเนติกคอนแทกเตอร์ต่อความเร็วสูง (Hing Speed Contactor)
K3A	รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay)
M1	มอเตอร์ 3 เฟสแบบสองความเร็ว (3 Phase Induction Motor 2 Speed)



รูปที่ 2.81 การเปรียบเทียบค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ PWM

ที่มา (<http://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการสร้างตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ (X model installers with forced cars) มีขั้นตอนการสร้างในส่วนต่าง ๆ โดยทางกลุ่มผู้สร้างได้ร่วมกันวางแผนในการปฏิบัติงานและจัดแบ่งงานตามความเหมาะสมขั้นตอนในการดำเนินโครงการ แบ่งออกเป็นดังนี้

3.1 การวางแผนและการเตรียมการ

3.2 การออกแบบ

3.3 การดำเนินการสร้าง

3.1 การวางแผนและการเตรียมการ

การวางแผนและการเตรียมการ เริ่มเมื่อคณะกรรมการพิจารณาโครงการให้เสนอหัวข้อโครงการในภาคเรียนที่ 1 ทางกลุ่มผู้จัดทำได้เสนอหัวข้อโครงการสร้างตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

3.1.1 คิดหัวข้อโครงการ

3.1.2 จัดทำเอกสารเสนอร่าง

3.1.3 เสนอหัวข้อโครงการ

3.1.4 เริ่มทำเอกสารบทที่ 1

3.1.5 ศึกษาตัวยกแกน X

3.1.6 ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน

3.1.7 เริ่มทำเอกสารบทที่ 3

3.1.8 เริ่มทำเอกสารบทที่ 2

3.1.9 ลงมือดำเนินชิ้นงาน

3.1.10 ติดตั้งชิ้นงานกับโมเดลรถ

3.1.11 ทดสอบการทำงาน

3.1.12 ปรับปรุงและแก้ไข

3.1.13 ตรวจสอบความเรียบร้อย

3.1.14 นำเสนอโครงการ

3.1.15 เริ่มทำเอกสารบทที่ 4

3.1.16 เริ่มทำเอกสารบทที่ 5

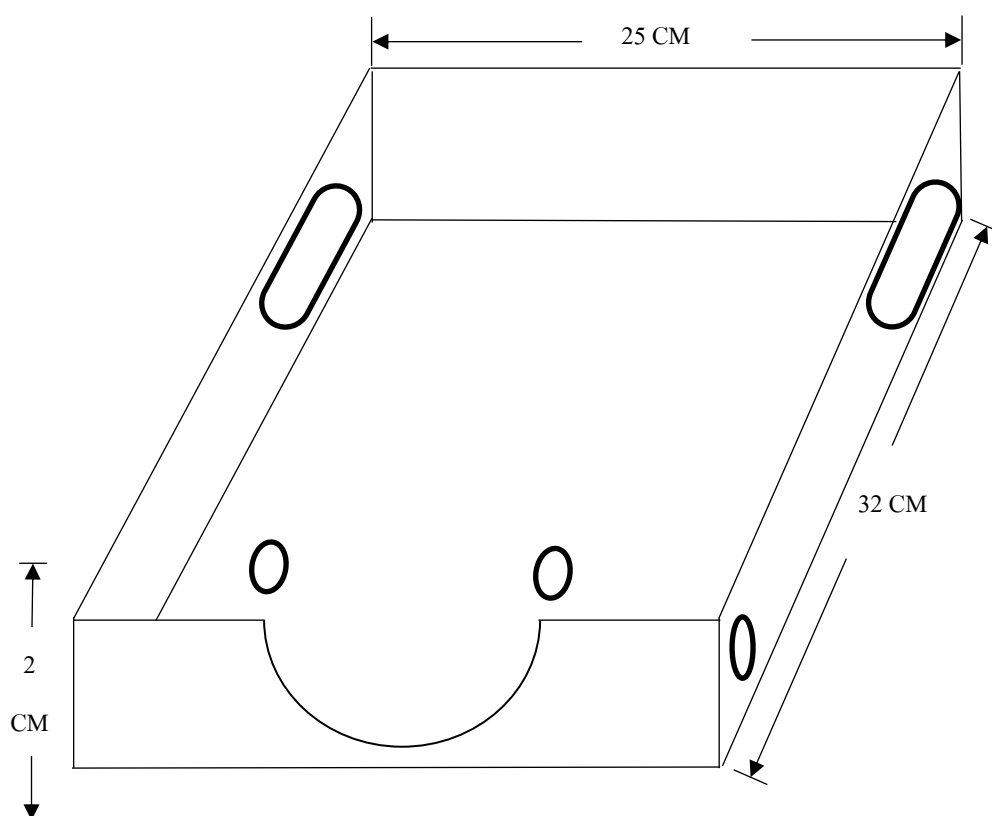
3.1.17 จัดทำรูปเล่มโครงการทั้งหมด

ตารางการดำเนินงานโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2562 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2563 ดังตารางที่ 3.1

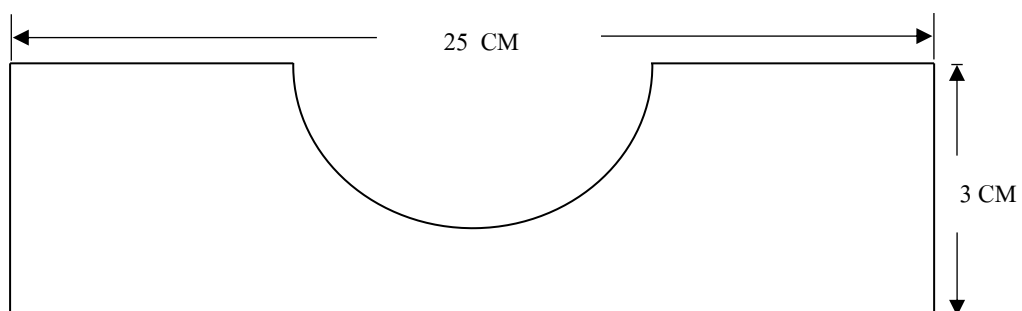
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการทำโครงการ

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน							
		ปี พ.ศ.2562						ปี พ.ศ.2563	
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	คิดหัวข้อโครงการ	*							
2	จัดทำเอกสารเสนอร่าง	*							
3	เสนอหัวข้อโครงการ	*	*						
4	เริ่มทำเอกสารบทที่ 1	*	*						
5	ศึกษาด้วยกแกน X	*	*						
6	ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน	*	*						
7	เริ่มทำเอกสารบทที่ 3		*						
8	เริ่มทำเอกสารบทที่ 2		*	*					
9	ลงมือดำเนินชิ้นงาน		*	*					
10	ติดตั้งชิ้นงานกับโมเดลรถ			*	*				
11	ทดสอบการทำงาน			*	*				
12	ปรับปรุงและแก้ไข				*	*			
13	ตรวจสอบความเรียบร้อย				*	*			
14	นำเสนอโครงการ					*			
15	เริ่มทำเอกสารบทที่ 4						*		
16	เริ่มทำเอกสารบทที่ 5						*		
17	จัดทำรูปเล่มโครงการ ทั้งหมด						*	*	*

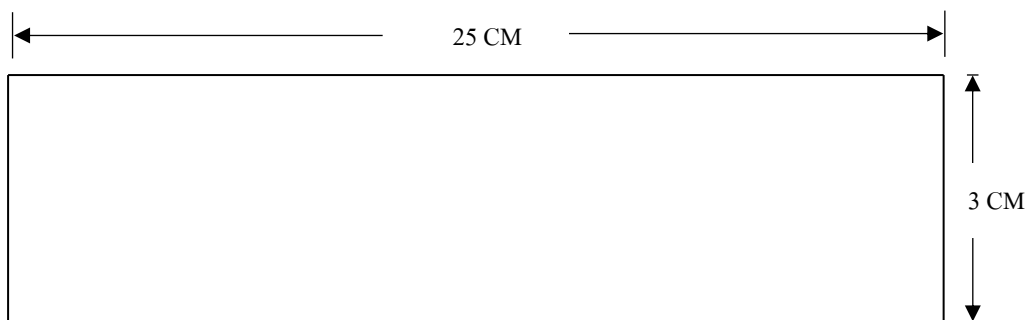
3.2 การออกแบบ



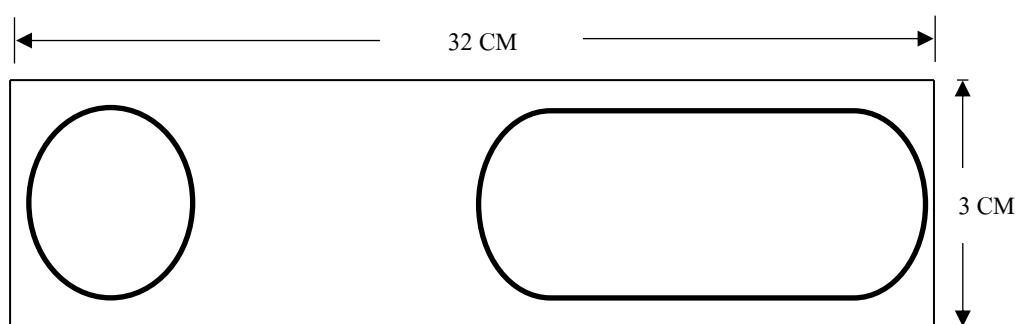
1	ฐานแกน X	25x32x2cm	ไม้พาเลท แผ่นอะคริลิก	001	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยัพณิข การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:4	ชื่อชิ้นงาน ฐานแกน X			หมายเลขแบบ 001	



2	ฐานหน้าแกน X	25x3cm	แผ่นอะคริลิก	002	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชัย การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:8	ชื่อชิ้นงาน ฐานหน้าแกน X			หมายเลขแบบ 002	

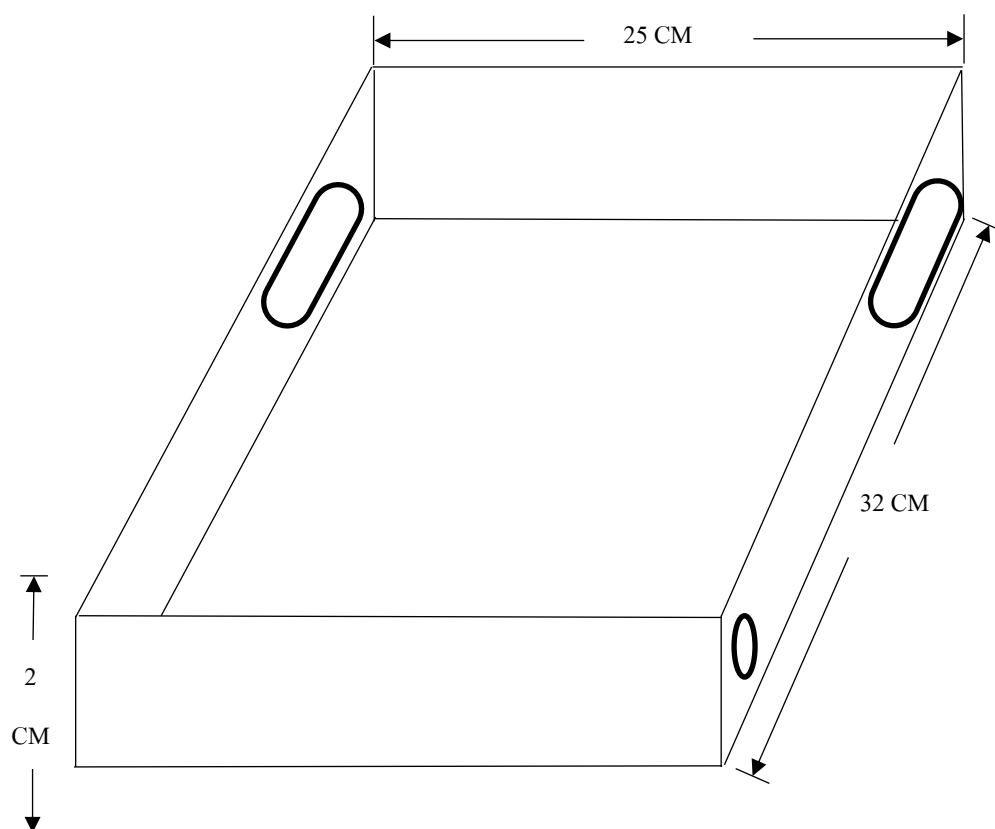


3	ฐานหลังแกน X	25x3cm	แผ่นอะคริลิก	003	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยัพณิข การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:8	ชื่อชิ้นงาน ฐานหลังแกน X			หมายเลขแบบ 003	



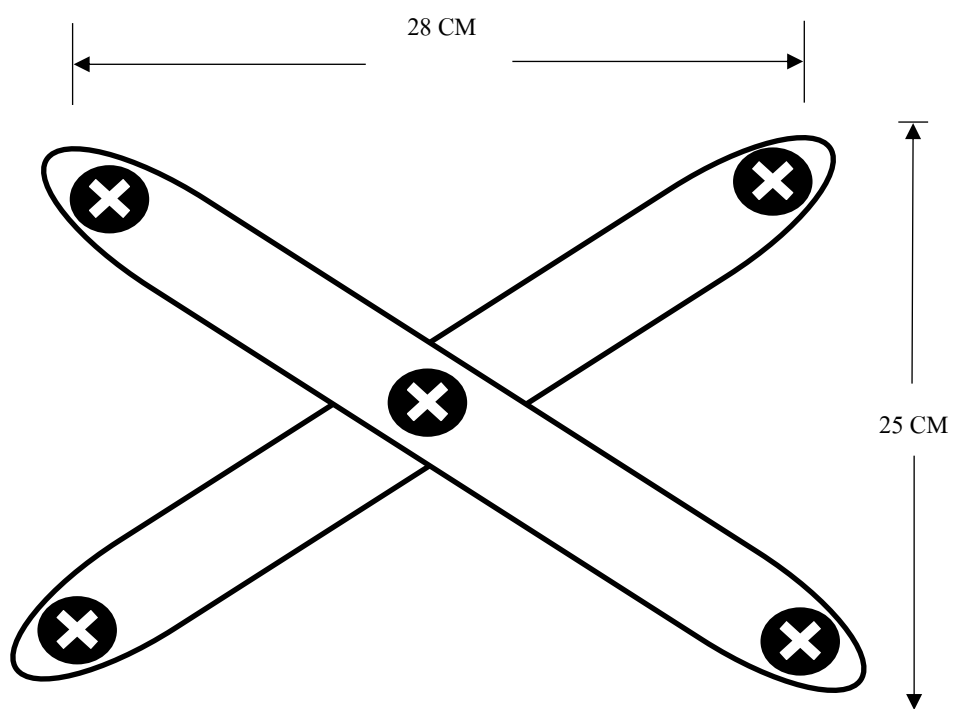
4	ฐานข้างแกน X	32x3cm	ไม้พาเลท	004	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยัพณิข การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฐานข้างแกน X			หมายเลขแบบ 004	
1:8					

5	ฐานล่างแกน X	25x32cm	ไม้พาเลท	005	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยัพณิข การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:8	ชื่อชิ้นงาน ฐานล่างแกน X			หมายเลขแบบ 005	

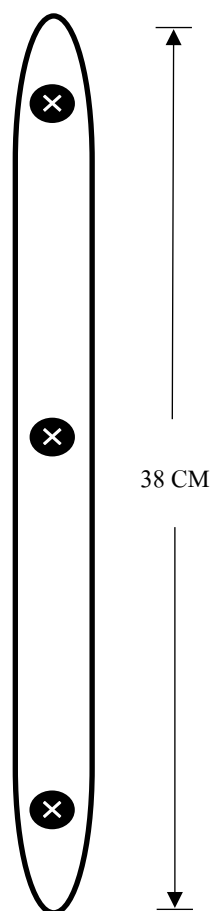


6	ฐานวางเอกสาร	25x32x2cm	แผ่นอะคริลิก	006	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยพนม การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:4	ฐานวางเอกสาร			006	

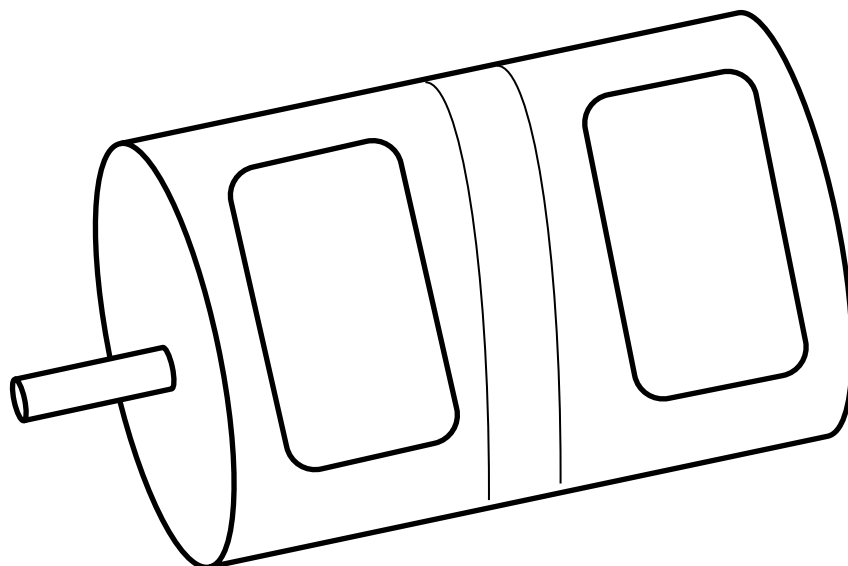
7	ฐานล่างวาง เอกสาร	25x32cm	แผ่นอะคริลิก	007	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชัย การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:6	ชื่อชิ้นงาน ฐานวางเอกสาร			หมายเลขแบบ 007	



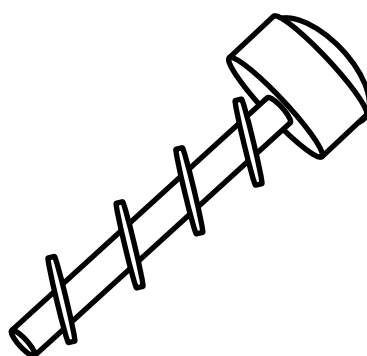
8	แกน X	28x25cm	ไม้พาสเทล นํ้าคั่วส้/เมี่ยง แหว่น	008	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีรรดวิทษ์พนัช การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:4	ชื่อชิ้นงาน แกน X			หมายเลขแบบ 008	



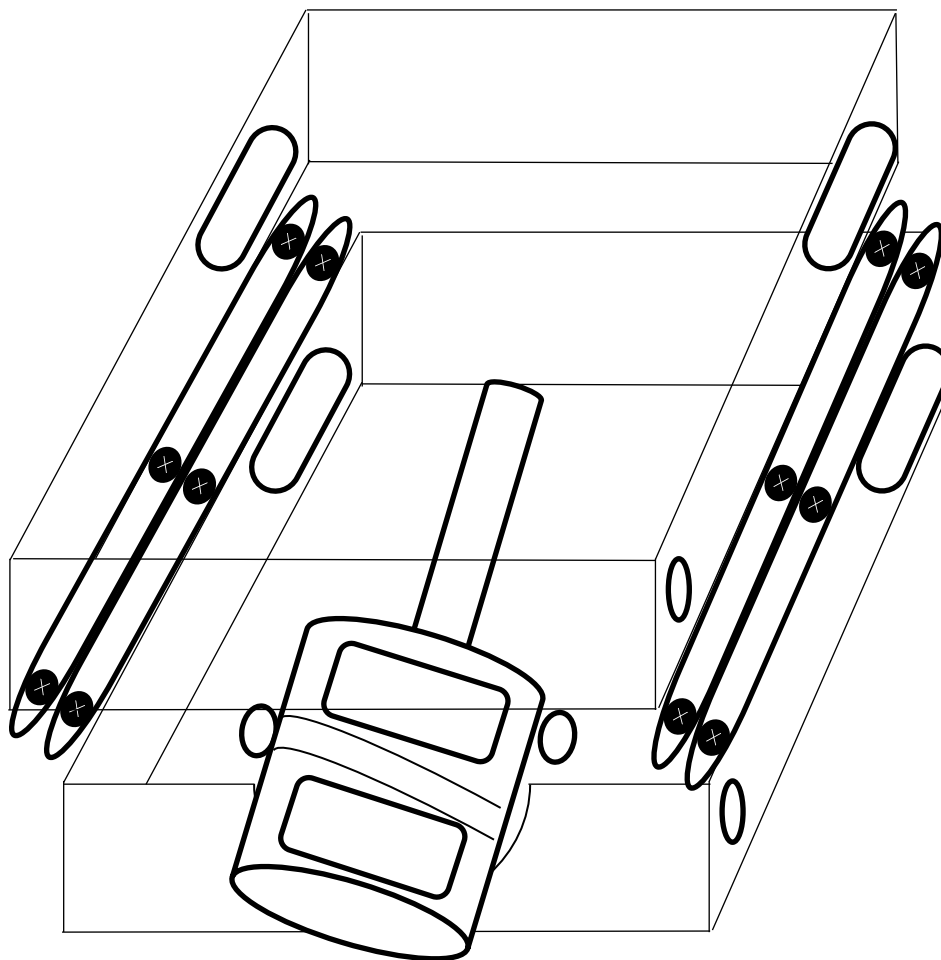
9	ชิ้นส่วนแกน X	38cm	ไม้พาลาท น็อคตัวผู้/เมีย แหวน	009	4
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยพัฒน์ การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:8	ชื่อชิ้นงาน ชิ้นส่วนแกน X			หมายเลขแบบ 009	



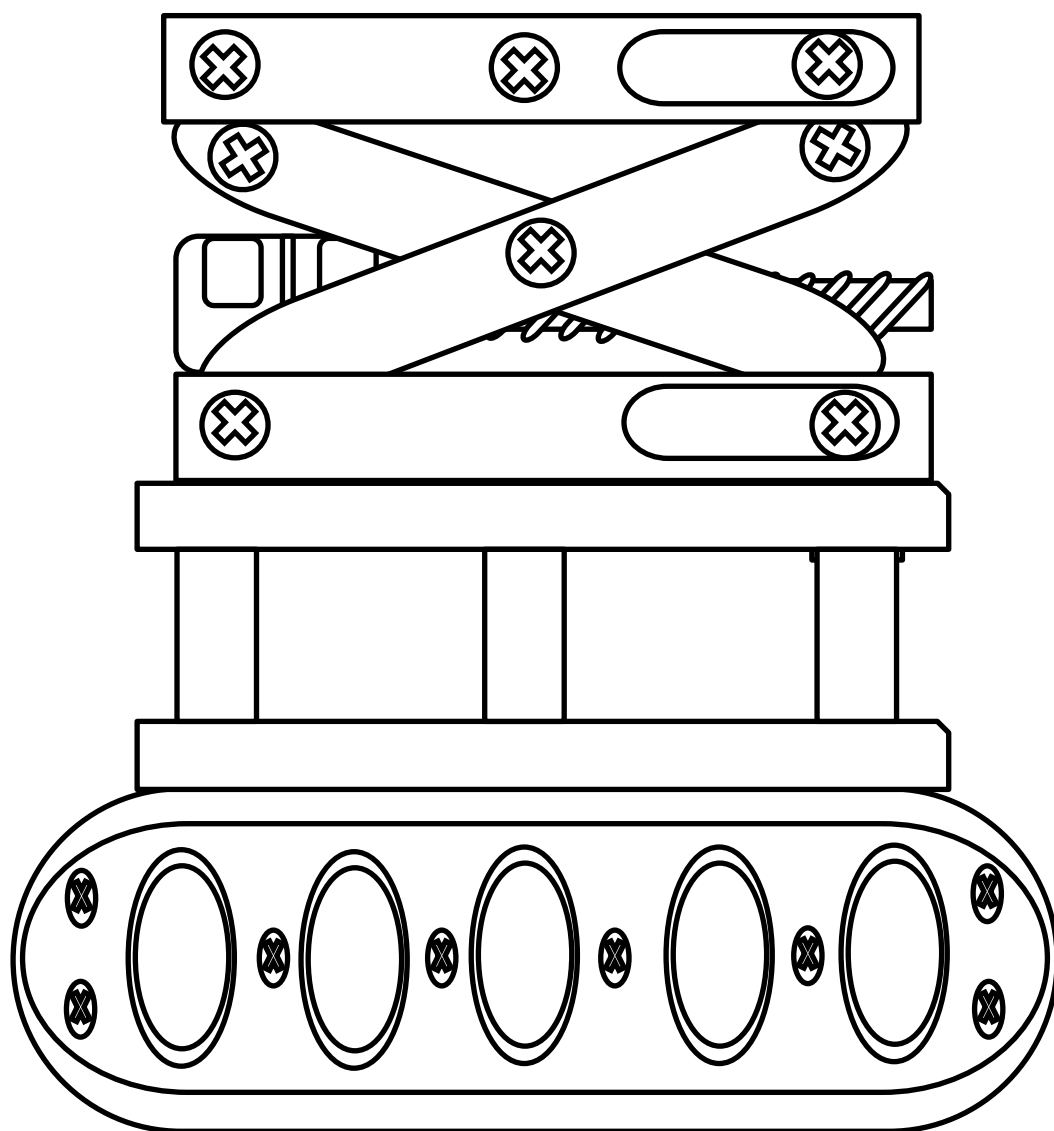
10	มอเตอร์รุ่น ZGA37RG	1.75*2.75cm	มอเตอร์รุ่น ZGA37RG	010	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชัย การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน มอเตอร์รุ่น ZGA37RG			หมายเลขแบบ 010	



11	น็อต	5.5*2.5cm	น็อต	011	24
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรณพวิทยัพณิข การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:1	ชื่อชิ้นงาน น็อต			หมายเลขแบบ 011	



12	ตัวยก เอกสาร แกน X	25*32*40cm	ไม้พาเลท แผ่นอะคริลิก น็อต แหวน	012	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีรณวิทย์พัฒนัย การ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน ตัวยกเอกสารแกน X			หมายเลขแบบ 012	



13	รถส่งเอกสารอัจฉริยะ	50*60*70cm	ไม้พาเลทแผ่นอะคริลิกนีโอตแหวน	013	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียนแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี			 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชการ	
ผู้ตรวจสอบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
ผู้ออกแบบ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
มาตราส่วน 1:1	ชื่อชิ้นงาน รถส่งเอกสารอัจฉริยะ			หมายเลขแบบ 013	

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

1	ฐานแกน X	25 * 30 cm.	อะคริลิก	001	1
2	ฐานหน้าแกนx	25 * 3 cm.	อะคริลิก	002	1
3	ฐานหลังแกน x	25 * 3 cm.	อะคริลิก	003	3
4	ฐานข้างแกนx	32 * 3 cm.	อะคริลิก	004	4
5	ฐานล่างแกนx	25 * 32 cm.	อะคริลิก	005	1
6	ฐานวางเอกสาร	25 * 32 cm.	อะคริลิก	006	1
7	ฐานล่างวางเอกสาร	25 * 32 cm.	อะคริลิก	007	1
8	แกน x	28 * 40 cm.	ไม้	008	2
9	ชิ้นส่วนแกนx	38 cm.	ไม้	009	4
10	มอเตอร์รุ่น ZGA37RG DC:12 V	1.75*2.75cm	เหล็ก	010	1
11	น็อต	5.5*2.5 cm.	เหล็ก	011	24
12	ตัวยกเอกสารแกนx	25 * 32 * 40 cm.	อะคริลิก ไม้	012	1
13	รถส่งเอกสารอัจฉริยะ	50*60*70 cm.	ไม้ อะคริลิก น็อต แหวน	013	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลข แบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นางสาวกนกพร	 วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ			
ผู้ตรวจ	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี				
ผู้ออกแบบ	นางสาวกนกพร พลศรี				
มาตรา ส่วน 1:4	ชิ้นงาน ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดล กับรถบังคับ	หมายเลขแบบ 012			

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาทำให้เราารู้ถึงการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มต้องสามัคคีกันในการวิเคราะห์ และออกแบบตลอดจนถึงขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอนว่ามีอะไรบ้าง ในที่นี้ทางคณะผู้จัดทำจะกล่าวถึงผลของการศึกษาข้อมูล และผลที่ได้รับอย่างละเอียด แบ่งออกเป็นดังนี้

- 4.1 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน
- 4.2 ขั้นตอนการทำงาน
- 4.3 ขั้นตอนการทดสอบด้วยแกน X

4.1 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน

ขั้นตอนนี้ผู้จัดทำได้ทำการประชุมกลุ่มกันออกความคิดเห็นและแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อให้ขั้นตอนในการทำงานขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว และมีการกระจายหน้าที่การทำงานให้เท่าเทียมกัน เพื่อให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานและรับความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานและรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ขั้นตอนการออกแบบมีดังนี้

4.1.1 แนวคิดที่ทางคณะผู้จัดทำได้เริ่มออกแบบ เริ่มจากค้นหาข้อมูลการออกแบบด้วยก ซึ่งเหมาะสมสำหรับโมเดลรถยกเอกสาร คณะผู้จัดทำได้คิดออกแบบด้วยกเป็นแกน X เพื่อความสมดุลในการยกเอกสาร

4.2 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานนั้นกล่าวถึงขั้นตอนในการทำงานตั้งแต่ต้นว่ามีขั้นตอนอะไรบ้าง

4.2.1 เริ่มต้นออกแบบฐานล่างวางเอกสาร



รูปที่ 4.1 ฐานล่างแกน X

4.2.2 ออกแบบฐานวางเอกสาร



รูปที่ 4.2 ฐานวางเอกสาร

4.2.3 ออกแบบตัวยกแกน X



รูปที่ 4.3 ตัวยกแกน X

4.2.4 ติดตั้งมอเตอร์และใส่ลวดสกรูนี้



รูปที่ 4.4 ติดตั้งมอเตอร์และใส่ลวดสกรูนี้



รูปที่ 4.5 ชิ้นงานสมบูรณ์

บทที่ 5

สรุปอภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงการด้วยแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ผู้จัดทำได้วางแผนไว้ ซึ่งสามารถใช้ในการขนส่งเอกสารไปยังตามที่เป้าหมาย สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการและการประสบปัญหาต่าง ๆ ในที่นี้ทางคณะผู้จัดทำได้ประสบปัญหาในการทำหลายอย่าง ซึ่งคณะผู้จัดทำจากโครงการมีข้อเสนอแนะที่จะนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขในส่วนต่าง ๆ ของตัวแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ จะทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น

5.1 วัตถุประสงค์โครงการ

- 5.1.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 5.1.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 5.1.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่อาชีพในอนาคต
- 5.1.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 5.1.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างด้วยเอกสารอัจฉริยะ

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

- 5.2.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 5.2.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 5.2.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่อาชีพในอนาคต
- 5.2.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 5.2.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างด้วยเอกสารอัจฉริยะ

5.3 ปัญหาที่ประสบในการดำเนินโครงการ

การดำเนินการของชิ้นงาน นั้นทางคณะผู้จัดทำได้ประสบปัญหาการดำเนินโครงการหลายอย่าง ในที่นี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการจะอธิบายสาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหาเป็นข้อ ๆ ดังนี้

- 5.3.1 ปัญหาแบตเตอรี่จ่ายไฟเกิน
- 5.3.2 ปัญหาน็อตแน่นเกินไป
- 5.3.3 ปัญหาแกน X ฝืดเข้าไม่สมดุล

5.4 ผลการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการในการสร้างตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ เริ่มจากการนำเสนอโครงการต่อคณะกรรมการพิจารณาทางคณะกรรมการได้เสนอแนะส่วนต่าง ๆ และ คณะผู้จัดทำได้ทำตามคำแนะนำของคณะกรรมการจนได้รับการอนุมัติการทำโครงการแล้วทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ โดยได้ทำการออกแบบและดำเนินการจัดทำตามที่วางไว้จนสำเร็จผลการดำเนินโครงการตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

5.5 ความอภิปรายผล

จากผลของการดำเนินโครงการนี้ถือว่าประสบความสำเร็จตามที่ตั้งจุดประสงค์ไว้ คือสามารถทำการยกเอกสารได้จริง มีประสิทธิภาพในการใช้งานดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างดีและสามารถนำความรู้ในการทำงานชิ้นงานนี้ไปต่อยอดให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้คณะผู้จัดทำยังได้รับความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำโครงการนี้เป็นอย่างมาก

5.6 ข้อเสนอแนะ

ในนี้จะกล่าวถึงข้อเสนอแนะ ในการพัฒนาและต่อยอดตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

5.6.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

- 5.6.1.1 ควรออกแบบตัวยกแกน X ให้สวยงาม
- 5.6.1.2 ควรปรับน็อตให้สมดุล ไม่หลวมหรือแน่นไป
- 5.6.1.3 ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการทำงาน

5.6.2 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค

- 5.6.2.1 ควรศึกษาและพัฒนาต่อยอดตัวยกแกน X ให้มีลักษณะเป็นเหล็กเพื่อความสมดุลในการใช้งาน

บรรณานุกรม

- บริษัท ไทยอีซีอีเล็ก จำกัด. (2557). บทความเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html>
- บริษัท ไทยอีซีอีเล็ก จำกัด. (2557). ทฤษฎีของรดยก. สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html>
- บริษัท วินัส ชัพพลาย จำกัด. (2559). บทความเกี่ยวกับArduino. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.thai-easyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html>
- รณรงค์ แสงตะเกียง. (2557). ความต้องการของอุปกรณ์ที่เหมาะสม. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>
- รณรงค์ แสงตะเกียง. (2557). ทฤษฎีของมอเตอร์. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>

ภาคผนวก ก
แบบเสนอร่างโครงการ



สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

แบบเสนอร่างโครงการ

เรื่อง

ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

X Model Installers with Forced Cars

จัดทำโดย

นายชิษณุพงศ์

คำสุกดี

นางสาวกนกพร

พลศรี

ภาคเรียนที่ 1/2562

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ

แบบเสนอร่างโครงการ
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ชื่อโครงการ ด้วยแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

X Model Installers with Forced Cars

ชื่อผู้เสนอโครงการ 1.นายชัยณพพงศ์ คำสุกดี รหัสประจำตัว 37394 (หัวหน้ากลุ่มโครงการ)

ชื่อผู้ร่วมโครงการ 2. นางสาวกนกพร พลศรี รหัสประจำตัว 37049

นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ รอบ เข้า

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สุลาวัลย์ บุรินทร์

มีความประสงค์ขออนุมัติหัวข้อโครงการ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในวิชาโครงการ จำนวน 4 หน่วยกิต

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ดังรายละเอียดโครงการที่แนบมาด้วย

ลงชื่อนายชัยณพพงศ์..คำสุกดี..... (หัวหน้ากลุ่มโครงการ)

.....นางสาวกนกพร..พลศรี.....(สมาชิกกลุ่มโครงการ)

..... / /

ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ความเห็นผู้รับผิดชอบโครงการ สาขาวิชา
.....	
.....	
.....	
ลงนาม	ลงนาม
..... /..... /	 /..... /
ลงนาม	
..... /..... /	

หมายเหตุ พร้อมแนบโครงการ ตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

1. ชื่อโครงการ ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

X Model Installers with Forced Cars

2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาอย่างแพร่หลาย โดยมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับสิ่งประดิษฐ์มากมาย ยกตัวอย่างเช่นหุ่นยนต์ หุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว หุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในหลายๆด้าน เช่นด้านอุตสาหกรรมการผลิต ด้านการแพทย์ ด้านงานสำรวจทั้งในโลกและงานสำรวจในอวกาศ หรือด้านบันเทิง เพื่อตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความรู้และทักษะกระบวนการทำงานของมนุษย์ จึงได้คิดค้นสิ่งของอำนวยความสะดวกสบายขึ้นมามากมาย ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้เทคโนโลยีในการทำงานแทนมนุษย์

คณะผู้จัดทำจึงได้คิดค้นการทำตัวยกเอกสาร โดยติดกับ โมเดลรถส่งเอกสารอัจฉริยะ เพื่อให้ผู้ใช้งานจะได้ไม่ต้องเสียเวลายกเอกสารหนักๆ เดินไปส่งเอกสารเอง เพียงแค่ผู้ใช้งานนำเอกสารของท่านมาวางไว้บนตัวยกของเรา โดยจะส่งการผ่านแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมตัวรถยกเอกสารอัจฉริยะ ไปยังเป้าหมายที่ท่านต้องการ โดยตัวยกเอกสารที่คณะผู้จัดทำได้ทำขึ้นมีลักษณะเป็นตัวยกแกน X เพื่อความสมดุลของตัวยก โดยมีการนำแผ่นอะคริลิกมาใช้ในการสร้างเป็นฐาน ติดตั้งมอเตอร์ และฐานวางแฟ้มเอกสาร ซึ่งตัวยกเอกสารสามารถรับน้ำหนักแฟ้มเอกสารได้ 500 กรัม มีขนาดความสูง 30-40 เซนติเมตร มีการนำลวดสกรูนี้ด น็อตพีดแบบเลื่อนที่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับเกลียวสกรูสี่เหลี่ยมคางหมู 30 องศา ขึ้นรูปโดยอัลลอยด์กลับ ลูกปืนพิเศษที่หล่อใช้แม่แบบที่มีความต้านทานต่อการขัดถูอย่างยอดเยี่ยม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความเที่ยงตรงสูงและมีราคาไม่แพงมากนักในการทำชิ้นงาน ควบคุมตัวยกโดยการใช้นวัตกรรม ZGA37RG DC:12 V มอเตอร์เกียร์ RPM จากนั้น นำลวดสกรูนี้ดและมอเตอร์เชื่อมตัวยกแกน X เพื่อให้ตัวยกทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์มากขึ้น

ดังนั้นคณะผู้จัดทำคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชิ้นงานชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานไม่น้อย และสามารถพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านชิ้นงาน เกิดประโยชน์ในภายหน้าสำหรับคนรุ่นหลัง สามารถนำชิ้นงานไปต่อยอดให้สมบูรณ์แบบในทุก ๆ ด้าน คณะผู้จัดทำคาดหวังใจเป็นอย่างยิ่งว่าชิ้นงานของเราจะให้วิทย์าทานกับเด็กรุ่นหลังต่อไปได้

3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 3.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 3.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 3.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดผู้อาชีพในอนาคต
- 3.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 3.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างด้วยกเอกสารอัจฉริยะ

4. ขอบเขตของโครงการ

- 4.1 ด้วยกเอกสารมีลักษณะเป็นแกน X เพื่อความสมดุลในการทำงาน
 - 4.1.1 ด้วยกเอกสารมีความสูง 30-40 เซนติเมตร
 - 4.1.2 น้ำหนักบรรจุแฟ้มเอกสาร 500 กรัม
- 4.2 ใช้แผ่นอะคริลิกในการสร้างเป็นฐานติดตั้งมอเตอร์และฐานวางแฟ้มเอกสาร
 - 1.3.2.1 ขนาดแผ่นอะคริลิกกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร
 - 1.3.2.2 ความหนาฐานติดตั้งมอเตอร์และข้อต่อแกน 5 มิลลิเมตร
 - 1.3.2.3 ความหนาฐานวางแฟ้มเอกสาร 3 มิลลิเมตร
- 4.3 ใช้ลวดสกรูเนื้อ 8 มิลลิเมตร ยาว 38 เซนติเมตร ในการยกแฟ้มเอกสาร
- 4.4 ใช้มอเตอร์ รุ่น ZGA37RG DC:12 V มอเตอร์เกียร์ RPM

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 5.1 คิดหัวข้อโครงการ
- 5.2 จัดทำเอกสารเสนอร่าง
- 5.3 เสนอหัวข้อโครงการ
- 5.4 เริ่มทำเอกสารบทที่ 1
- 5.5 ศึกษาด้วยกแกน X
- 5.6 ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน
- 5.7 เริ่มทำเอกสารบทที่ 3
- 5.8 เริ่มทำเอกสารบทที่ 2
- 5.9 ลงมือดำเนินชิ้นงาน
- 5.10 ติดตั้งชิ้นงานกับโมเดลรถ
- 5.11 ทดสอบการทำงาน
- 5.12 ปรับปรุงและแก้ไข

- 5.13 ตรวจสอบความเรียบร้อย
- 5.14 นำเสนอโครงการ
- 5.15 เริ่มทำเอกสารบทที่ 4
- 5.16 เริ่มทำเอกสารบทที่ 5
- 5.17 จัดทำรูปเล่มโครงการทั้งหมด

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 6.1 เพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านการประดิษฐ์สิ่งของอำนวยความสะดวกภายในองค์กร
- 6.2 เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 6.3 เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่อาชีพในอนาคต
- 6.4 เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน
- 6.5 เพื่อให้ผู้จัดทำโครงการนำความรู้จากการศึกษาในหลักสูตรของประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสร้างด้วยเอกสารอัจฉริยะ

7. งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ

7.1 ค่าหมึก	400	บาท
7.2 ค่าแผ่นซีดี	50	บาท
7.3 ค่าทำเล่มโครงการ	60	บาท
7.4 ค่ากระดาษ	400	บาท
7.5 ค่าแผ่นอะคริลิก	800	บาท
7.6 ค่ามอเตอร์ รุ่น ZGA37RG	250	บาท
7.7 ค่าซื้อต่อแกรน	120	บาท
7.8 ค่าลวดสกรูเนื้อ 8 มิลลิเมตร	480	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	<u>2,560</u>	บาท

8. เอกสารอ้างอิง

<http://sangtakieng.com/WorkingatHEWP32.html>

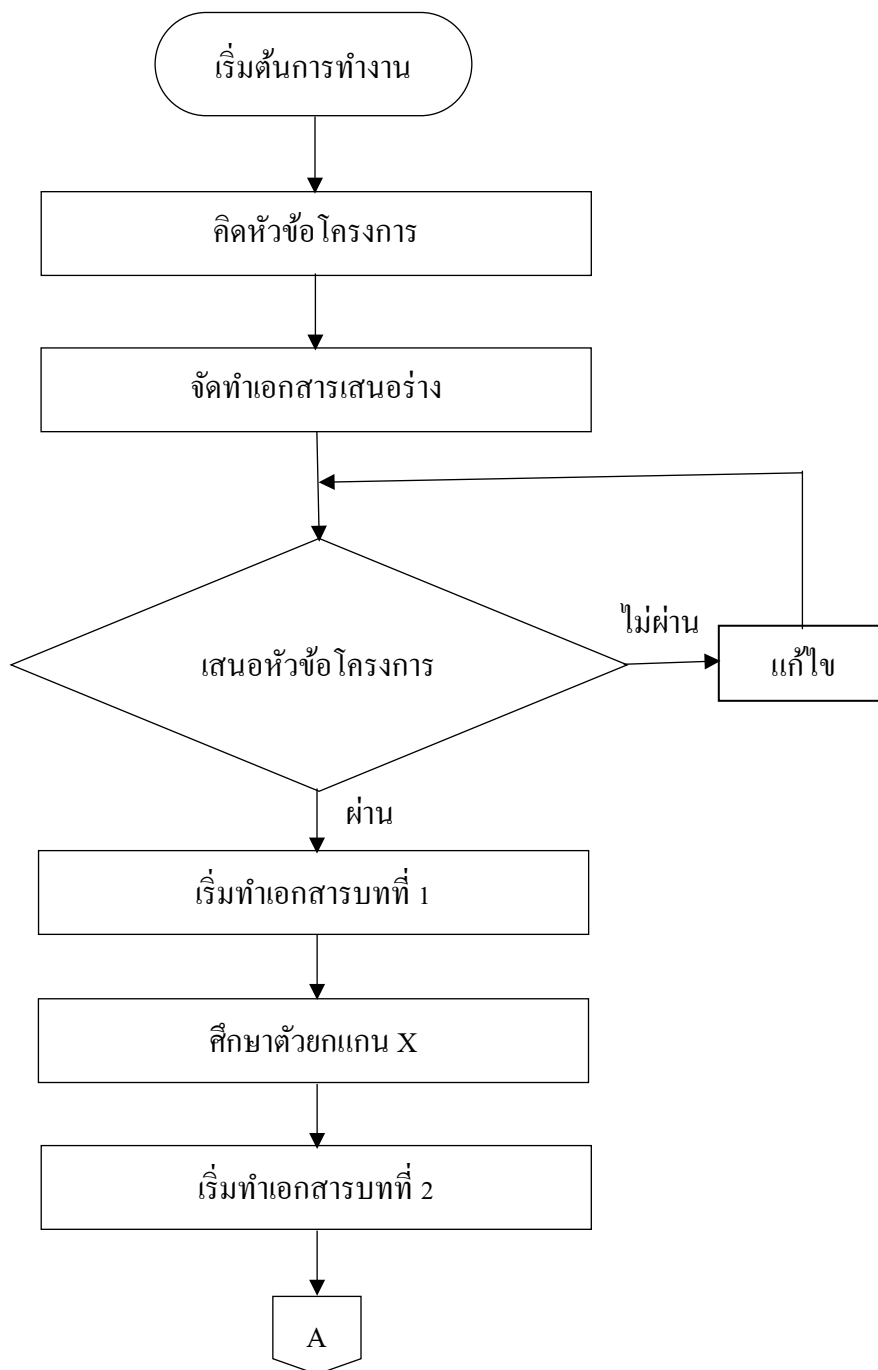
<https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html>

9. ระยะเวลาทำโครงการ

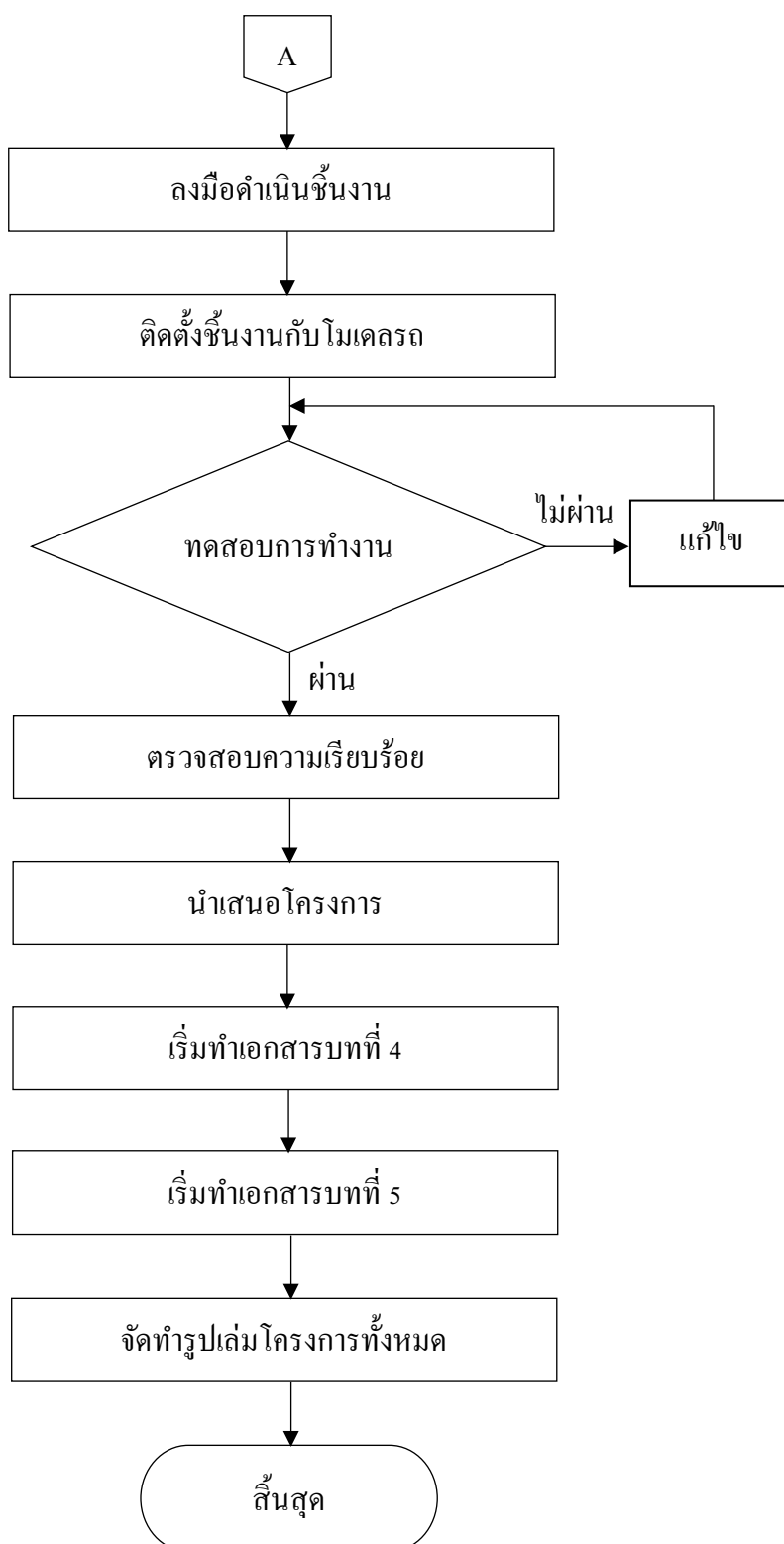
ตารางการดำเนินงานโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2562 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2563 ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำโครงการ

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน							
		ปี พ.ศ.2562						ปี พ.ศ.2563	
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	คิดหัวข้อโครงการ	↔							
2	จัดทำเอกสารเสนอร่าง	↔							
3	เสนอหัวข้อโครงการ	↔↔							
4	เริ่มทำเอกสารบทที่ 1	↔↔							
5	ศึกษาด้วยแกน X	↔↔							
6	ศึกษามอเตอร์ที่ใช้งาน	↔↔							
7	เริ่มทำเอกสารบทที่ 3		↔↔						
8	เริ่มทำเอกสารบทที่ 2		↔↔						
9	ลงมือดำเนินชิ้นงาน		↔↔						
10	ติดตั้งชิ้นงานกับ โมเดลรถ			↔↔					
11	ทดสอบการทำงาน			↔↔					
12	ปรับปรุงและแก้ไข				↔↔				
13	ตรวจสอบความเรียบร้อย				↔↔				
14	นำเสนอโครงการ					↔↔			
15	เริ่มทำเอกสารบทที่ 4						↔↔		
16	เริ่มทำเอกสารบทที่ 5						↔↔		
17	จัดทำรูปเล่มโครงการ ทั้งหมด						↔↔↔↔		



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการทำงาน(ต่อ)

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 1 สแกนคิวอาร์โค้ดลงโทรศัพท์

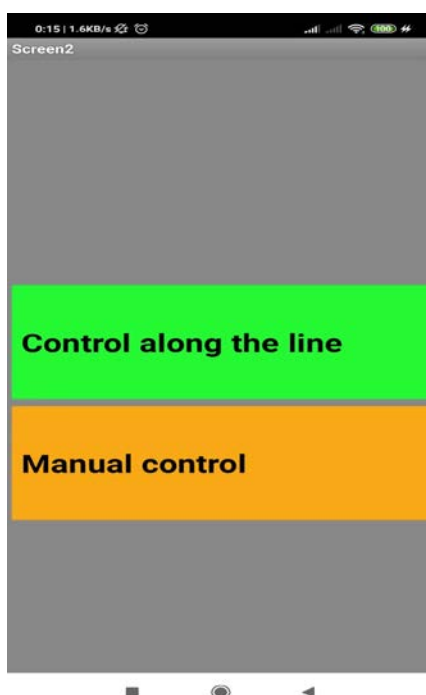


<http://ai2.appinventor.mit.edu/b/3lwmm>

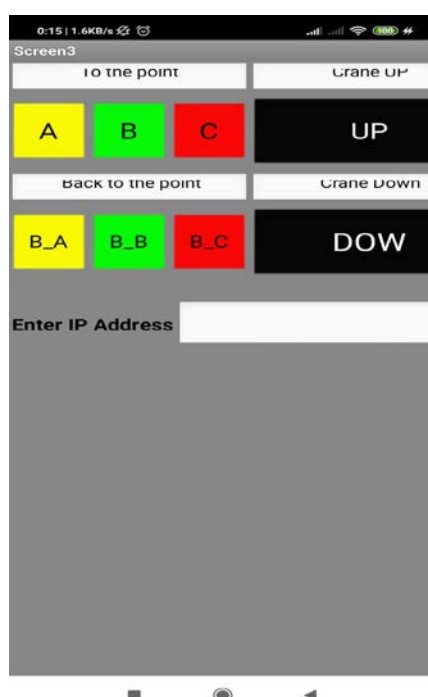
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อกดเข้าโปรแกรมจะเจอหน้าแรกของโปรแกรม



ขั้นตอนที่ 3 เมื่อกดเข้ามาจะมีให้เลือกการควบคุมแบบตามเส้นหรือแบบแมนนวล



ขั้นตอนที่ 4 เมื่อกดปุ่มควบคุมตามเส้นจะให้กำหนดเป้าหมาย



ขั้นตอนที่ 5 เมื่อตัวยกเอกสารถึงเป้าหมายจะทำการยกตัวเอกสารขึ้น



ภาคผนวก ง
ประวัติผู้เขียน



สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ประวัติผู้เขียน

เรื่อง

ชื่อโครงการ ตัวยกแกน X ที่ติดโมเดลกับรถบังคับ

ชื่อโครงการ X Model Installers with Forced Cars

จัดทำโดย

นายชิษณุพงศ์

คำสุกดี

รหัสประจำตัว 37394

นางสาวกนกพร

พลศรี

รหัสประจำตัว 37049

ภาคเรียนที่ 1/2562

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชิษณุพงศ์ คำสุกดี
วันเดือนปีเกิด	12 พฤศจิกายน 2542
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลตำรวจ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	อริสตัน คอนโดทาวน์ ตำบลสำโรงเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
สถานที่ศึกษา	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2558	มัธยมศึกษาตอนต้น
	มัธยมด่านสำโรง
พ.ศ.2561	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
	สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ
พ.ศ.2563	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
	สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ
ผลงานและกิจกรรม	
พ.ศ.2559	English Day
พ.ศ.2560	จัดบูท ATC นิทรรศน์



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกนกพร พลศรี
วันเดือนปีเกิด	20 ธันวาคม 2542
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลชัยบาดาล
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	162/4 หมู่ 8 ตำบลสำโรงใต้ อำเภوبرพละ จ.สมุทรปราการ 10130
สถานที่ศึกษา	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2558	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนท่าหลวงวิทยาคม
พ.ศ.2561	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ
พ.ศ.2563	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ
ผลงานและกิจกรรม	
พ.ศ.2559	PR ATC
พ.ศ.2560	จัดบูท ATC นิทรรศน์
พ.ศ.2561	เชียร์ลีดเดอร์กีฬาสี